

RSNA2021 中枢神经影像学

鲁君, 张归玲, 谢彦, 阎肃, 田甜, 周依然, 甘桐嘉, 吴宏宇, 廖荟琰, 赵亚莉, 梁伟强, 李元昊, 张顺, 朱文珍

【摘要】 2021 年 RSNA 会议中枢神经影像学方面的报告主要集中于应用人工智能的方法对脑卒中中进行风险评估、治疗分层和预后预测, 分析卒中评分、血管解剖变异及成像标志物对脑卒中治疗方案的选择及预后的评估, 脑血管性疾病危险因素防范、影像特征的识别及治疗方案的选择及预后评估, 脑肿瘤的诊治、治疗后的评估, 认知、记忆与运动障碍性疾病的诊断与鉴别诊断、病程进展监测和疗效评估, 脑创伤的精细化诊断、预测预后及治疗监测, 应用人工智能提高图像采集效率及图像分析的准确性等。本文将对上述相关研究进展进行综述。

【关键词】 中枢神经影像学; RSNA; 脑卒中; 脑血管性疾病; 脑肿瘤; 脑认知; 脑创伤; 人工智能

【中图分类号】 R741.01; R445.2; R814.42 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)01-0011-09

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.01.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



脑卒中及脑血管性疾病

Stefan 等从 895 例脑出血患者入院的 CT 图像上提取了 1130 个反映血肿的形状、密度、纹理信息等影像组学特征, 并统计了患者入院时的 GCS、NIHSS 和三个月后的 mRS 评分。结果发现在训练集及验证集中, 与血肿体积相比, 影像组学特征与 GCS 评分($\rho = 0.47$ vs 0.44 , 0.43 vs 0.41)、NIHSS 评分(0.69 vs 0.57 , 0.64 vs 0.56)和 mRS 评分(0.44 vs 0.32 , 0.43 vs 0.33)显示出更强的相关性。因此, 除了血肿体积, 脑出血患者入院时的 CT 影像组学特征也有助于对病情的风险评估、治疗分诊和预后预测。

Choi 等用 296 例患者(146 例急性颅内出血和 150 例正常对照)的 12,663 张脑 CT 图像验证了基于深度学习的自动检测算法(DLAD)对急性颅内出血(AIH)患者脑 CT 图像辅助诊断的效能。基于深度学习的 DLAD 辅助医生诊断脑 CT 中 AIH 显示出比未使用 DLAD 者更好的诊断效能。在非放射科医生、放射科医生、神经放射科医生三组中, 非放射科医生组在使用 DLAD 的诊断准确率较未使用 DLAD 者提升最多(AUC 0.951 vs 0.919)。

Pan 等对来自 RSNA 颅内出血检测挑战的 18,

689 例患者的 21,351 项研究的 739,336 张图像开发了一种仅使用分类标签来分割颅内出血(intracranial hemorrhage, ICH)的深度学习模型。在后处理之前, 原始类激活图(class activation maps, CAM)分割预测的平均 Dice 得分为 $0.374(95\%CI: 0.335 \sim 0.413)$ 。后处理后, CAM 分割的平均 Dice 得分为 $0.471(95\%CI: 0.423 \sim 0.517)$ 。分割预测的体积与真实值间显示出 0.825 的相关性。因此, 仅使用分类标签, 由卷积神经网络(CNN)生成的 CAM 经过后处理能够准确地分割头部 CT 中的 ICH。

入院时的 NIHSS 评分作为因急性大血管闭塞(LVO)卒中后 6~24 小时延长期内能否进行血管内治疗(ET)的重要临床评估指标。Adrian 等纳入 469 例接受 ET 和随访 MRI 的 LVO 患者(左: 254, 右: 215)来评估梗死的分布与入院时 NIHSS、血栓切除术后再灌注(mTICI)和出院后 mRS 评分的关系。与左侧 LVO 相比, 不完全再灌注导致右侧 LVO 患者更大范围的功能性脑梗死和更差的临床预后。这些结果代表了右侧 LVO 患者可能存在较入院时 NIHSS 评估更大的脑组织受损风险。

Elena 等分析了 128 例因前循环大血管闭塞而接受血管内血栓切除术(EVT)的患者。术前 CT 图像由一位神经放射医师独立阅片并评分, 评估内容包括主动脉弓的类型和颈内动脉及颈总动脉的迂曲程度。单变量分析结果显示解剖结构更复杂的主动脉弓与整个手术过程中透视时长的显著增加有相关性($P = 0.035$)。颈总动脉迂曲度的增加与更高的术中辐射剂

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: 鲁君(1990—), 女, 山东人, 硕士研究生, 主治医师, 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

量($P=0.040$)、更多的手术并发症($P=0.008$)相关。颈总动脉迂曲可能导致再通不太成功($P=0.076$),同时颈内动脉迂曲也可能会降低再通成功率($P=0.079$)。

脑过度灌注综合征是颈动脉血运重建术后出血性卒中的重要原因。迄今为止,尚未报道可在临床上定期应用以预测术后脑过度灌注(CH)的实用技术。Fan 等的研究纳入接受了颈动脉内膜切除术(CEA)的 73 例颈动脉狭窄患者,在 CEA 前后进行了伪连续式动脉自旋标记(ASL)MRI。相较术前 ASL 图像,脑血流量增加 $>100\%$ 被定义为 CH。两位神经放射科医师依据 ASPECTS 评分所对应感兴趣区域中 ATA 的存在与否对 ASL 图像进行评分。结果显示 ASL 图像上的 ATA 是狭窄程度以及一级、二级侧支循环状态的综合表现,可以在常规临床实践中无创地预测颈动脉狭窄患者 CEA 后的 CH。

短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA)的影像指南推荐患者最好在症状出现 24h 内紧急接受头部或血管的影像学检查,但是有研究证实大多数患者在急诊没有完善影像检查就出院了。Vincent 等对 4814 例患者在出院后是否完善检查进行研究,结果显示大部分在急诊没有做影像学检查的 TIA 患者在出院后 30 内也没有完善检查,特别是黑人[OR 3.00 (1.86~4.82)]、老人[定义为 >85 岁;OR (2.611.88~3.62)]和大医院[定义为 >400 张病床;OR 2.11(1.36~3.28)]。

Scott 等在美国 6 个医院和欧洲 4 个医院住院的新冠肺炎感染患者中研究急性神经影像改变的发生率。在 24315 例新冠患者中,急性神经影像阳性发生率为 1.06% (259/24315)。在接受神经影像学检查的患者中,缺血性脑卒中的发生率为 6.2%,颅内出血为 3.72%,脑炎为 0.47%,深静脉血栓形成为 0.22%,急性播散性脑脊髓炎为 0.18%。脑白质受累的比例为 5.8%。病灶常分布于单侧(5.73%),其次为双侧不对称分布(3.04%)。最常累及的是额叶(5.35%)和顶叶(4.9%)。在这个大型国际多中心队列研究中,急性神经影像改变的发生率和分布有助于确定新冠神经系统并发症的特征,从而有助于全面了解该疾病的进程。

Davide 使用开源软件(3D Slicer)在 CTA 上检测颈动脉分叉狭窄处斑块的纹理特征与颈动脉支架植入术后不良预后之间的关系。该研究纳入 172 例接受了颈动脉支架置入术的患者,应用多元 Logistic 回归分析来检验预后变量和不良结局之间的关联。预后不良患者斑块溃疡发生率较高(58% vs 30%),斑块峰度较低(5.37 vs 5.84)。在纹理特征中,峰度是不良预后的独立预测因子(OR 0.77;CI:0.61~0.96)。包含 CTA

纹理特征的预测模型效能优于没有纹理特征的模型(AUC:0.856 vs 0.803)。所以 CTA 斑块的纹理分析有助于对颈动脉支架置入术后的不良预后进行风险分层。

为了更好地区分有症状与无症状颈动脉狭窄患者的影像学特征,Zhang 等对 71 例单侧颈动脉狭窄患者行头部 MRI 检查。根据脑白质高信号、腔隙、血管周围间隙和脑微出血四种 MRI 征象计算脑小血管病变(CSVD)的总负荷。结果发现,颈动脉斑块内出血(IPH)与高 CSVD 评分独立相关(OR=4.12,95%CI:1.48~11.45, $P=0.007$)。单侧 IPH 的存在与双侧大脑半球间的 CSVD 评分差异独立相关($P=0.046$),CSVD 评分是唯一与临床症状严重程度相关的影像学因素($P<0.001$)。

脑血管反应性(cerebrovascular reactivity,CVR)反映了脑血流量(cerebral blood flow,CBF)对血管活性刺激的反应。Zhao 等将动脉自旋标记(ASL)测量的烟雾患者的 CVR 与作为参考标准的 ^{15}O -水 PET 进行了比较。结果发现病变区域的 CVR 明显低于正常区域,PET、单次标记后延迟伪连续 ASL、多次标记后延迟伪连续 ASL 的 CVR 分别降低 68%、52% 和 56%。单次和多次标记后延迟伪连续 ASL 均能有效检测烟雾患者 CVR 受损。

Li 等共招募了 14 例接受了一站式 CT 血管造影-CT 灌注的慢性颅内动脉闭塞的患者进行回顾性分析,比较 4D CTA 与单相 CTA(sCTA)下的侧支循环状态,以评估侧支循环状态与慢性颅内动脉闭塞患者的 CT 灌注参数之间的关系。结果显示,与 4D CTA 相比,sCTA 明显低估了侧支循环的状态(2.43 ± 0.51 vs 1.36 ± 0.93)。sCTA 和 4D CTA 侧支循环状态评分均与 rCBF 呈正相关($r=0.57$, $r=0.68$)。4D CTA 侧支循环状态评分与 MTT 呈负相关($r=-0.65$)。与 sCTA 相比,4D CTA 可以更好地评估侧支循环状态,并且与脑血流动力学状态具有良好的相关性。

颅内硬脑膜动静脉瘘(DAVF)是一种罕见的血管畸形,常规 MRI 对 DAVF 的检出和分型作用非常有限。Arun 等对 40 例 DAVF 患者进行了 DSA、3D TOF、3D ASL 和磁敏感加权成像(SWAN)检查,结果显示 3D ASL 和 SWAN 对瘘管的定位和 Cognard 分级具有较高的敏感度(93% vs 94.5%)、特异度(100%)、准确度(99%)和极好的一致性。TOF MRA 对瘘管的定位和分级的敏感度为 94.4%,特异度为 100%,具有良好的模式间一致性和相关性。TOF MRA 识别动脉供血的敏感度为 89%,识别静脉即刻引流的敏感度为 85%,准确率为 88%。3D ASL、SWAN 和 TOF MRA 与 DSA 的相关性良好($r=$

0.99)。该研究证实了非对比增强 MR 血管成像是诊断 DAVF 的良好方法,对硬脑膜动静脉瘘的部位、分级和血管结构评价具有良好的敏感性和特异性。

Robert 等在 463 例接受脑部 MRI 检查的遗传性出血性毛细血管扩张症(HHT)患者中,发现 20 例患者在基底节内有与锰沉积一致的信号改变,并对这些患者的电子病历查阅其临床表现和病史检查。在一系列与 HHT 相关的锰基底节沉积患者中,神经精神症状比帕金森运动障碍更常见。80%的患者同时存在肝动静脉畸形和缺铁性贫血,提示这可能与 HHT 患者 Mn-BG 沉积有关。

Allison 等在特异性大脑中动脉囊状动脉瘤 3D 模型中使用 1000 fps 高速血管造影术(HSA)评估血流变化。在治疗前以及部分和全部放置血流重定向腔内装置支架(FRED)后评估血流。高速序列中的血流模式显示,在完全植入 FRED 后,动脉瘤中的涡流减少。部分分流(FD)后分析显示,在每 $100\mu\text{m}$ 一个矢量的分辨率下,动脉瘤囊内速率的幅度和空间分布均有显著改善。该研究显示了 HSA 在 FD 置入前后可以提供高时间分辨率、定量血流动力学信息的能力。

Christoph 等回顾性分析了 105 例接受中脑膜动脉(MMA)栓塞治疗的慢性硬膜下血肿(cSDH)患者术后的平扫 CT 或光谱 CT 结果。初步结果表明,与介入后平扫 CT 相比,光谱 CT 改善了 cSDH 内膜和硬脑膜对比剂增强的可视化,有助于区分血肿再聚与对比剂渗漏,同时证明介入术后 cSDHs 的强化可能是 MMA 栓塞成功的一个预测因素。

Moreno 在 15 例接受外科主动脉瓣置换术(surgical aortic valve replacement,SAVR,9 例)或经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation,TAVI,6 例)患者术后 7 天内的 DWI 图像上评估了脑白质高信号(WHM)负荷(代表慢性脑血管病)并量化了脑缺血灶。结果发现急性脑缺血的体积与慢性脑血管病的严重程度有关,慢性脑血管病负荷越重的患者术后缺血性损害越重。所以 WHM 负荷可以对接受 TAVI/SAVR 手术的患者进行风险分层。

脑肿瘤

脑肿瘤和报告系统(Brain Tumour And Reporting System,BTRADS)是埃默里神经放射学组提出的一种结构化报告系统,旨在提高诊断报告对临床医生的价值,并为脑肿瘤患者提供更明确的信息。Kamaxi 等让两位神经放射科医生(RD1、RD2)分别独立分析了 100 例胶质瘤患者治疗后的 MRI 并给出 BTRADS 评分,若分数不同则两人讨论决定得到“共识”。结果发现两位观察者之间以及两位观察者与“共

识”之间的变异度较低,一致性高。该研究将 BTRADS 系统经过外部独立验证,可以用于临床决策。但 Maxwell 等让 4 位神经放射科医生和 2 名放射科住院医师也使用 BTRADS 对 103 例患有原发性脑肿瘤的成年患者的 MRI 成像进行了评分。结果显示 6 位放射科医生的一致性为基本一致(κ 值 0.62,95% CI:0.53~0.70),这可能反映了评价高度复杂的治疗后的脑肿瘤的内在不确定性,需要进一步的工作来解释这些个体差异的原因,以确定 BTRADS 是否可以减少变异性,以及与患者预后的相关性。

Kazuhiro 等对 50 例患者(有 54 个经病理确诊的脑肿瘤)在 3.0T MR 系统上分别采用二维自旋回波(2D SE)和三维梯度回波(3D GRE)序列进行 CEST 成像,结果显示 3D CEST 成像与 2D CEST 成像具有显著相关性($r=0.79, P<0.0001$),其一致性限制为 $-0.029\pm 1.43\%$ 。2D CEST 成像与 3D CEST 成像对高、低级别胶质瘤的鉴别准确率分别为 87.5%(21/24)和 95.8%(23/24),差异无统计学意义。该研究证明 3D CEST 成像在各种脑肿瘤患者中的应用价值至少与 2D CEST 相当,但在常规临床应用中,3D CEST 成像在评估全脑 CEST 方面具有更大的潜力。

Evan 等分析了 400 例胶质母细胞瘤成人患者术前 MRI、首次胶质母细胞瘤切除术和随访的 CDKN2A/B 基因评估,应用深度特征和放射组学特征组合模型的交叉验证对测试集中 CDKN2A/B 丢失的患者进行准确预测,最佳敏感度为 0.70,特异度为 0.88, AUC 为 0.84。组合模型的性能优于仅使用放射组学或深度特征的模型。深度神经网络结合术前 MRI 的深度特征和放射组学特征可以无创预测胶质母细胞瘤患者 CDKN2A/B 的丢失。

Keon 等纳入 116 例胶质母细胞瘤患者(GBM)及 7 个术前的纹理特征用于建立模型,以确定 >18 个月的生存率。该放射基因组学模型的总体准确性 AUC 为 0.79 (SE/95% CI:0.04/0.70~0.86)。预测生存时间 >18 个月的敏感度为 45.24%,特异度为 87.84%,准确度为 72.41%。该放射基因组学模型由基线(术前)MRI 的放射特征结合年龄和 MGMT 状态组成,可以预测 GBM 患者 >18 个月的生存率。

Jason 等对 10 例首次治疗的神经胶质瘤患者的术前多参数 MR 扫描和最多 4 个肿瘤组织样本的立体定向定位进行分析,使用全外显子组测序、全外显子组甲基化和 RNASeqv2 进行组织样本研究,通过变异类型(SnpSift)注释了 8 个与神经胶质瘤相关的突变基因靶标的染色体位置。结果显示,所有突变目标的留一交叉验证分析的平均准确度为 $76.5\%\pm 15.0\%$,个体患者的预测准确度为 0.54~0.997。该研究证明

了通过非侵入性成像预测单核苷酸点突变的能力。

评估治疗反应对预测当前治疗方案对脑转移瘤 (brain metastases, BM) 患者的疗效至关重要。Jay 等提出了一种自动深度学习的方法对 847 个时间点的辅助数据集上的 BM 纵向分割,并计算 RANO-BM。Dice 得分中位数为 0.819。从人工分割计算的 RANO-BM 测量值与从预测分割计算的测量值之间的 ICC 为 0.88。证明了该自动化方法在量化可测量的肿瘤负荷方面的临床效用。

Yoshiaki 等回顾性分析了在多个国际中心确诊的 21 例放疗后的卒中样偏头痛发作 (SMART) 综合征患者的临床表现和影像学表现。回顾了诊断 SMART 综合征时患者的人口统计学和 MRI 特征。将队列分为完全临床康复 (CR) 组和不完全临床康复 (IR) 组。结果显示 IR 与年龄较大、诊断 SMART 综合征时使用类固醇治疗、MRI 发现异常易感性信号以及脑回强化区扩散受限有关。

Divya 等对 30 例高级别胶质瘤患者 (4 例 WHO III 级; 26 例 WHO IV 级) 进行个体化放疗的 MRI 评估,提取相关特征来比较在完成放疗后首次随访 (FU1) 时,分别以术后 MRI 与磁共振仿真 (MRsim) 作为基线对肿瘤反应和假性进展 (PsP) 进行评估。结果约 57% 的 HGG 患者的肿瘤反应评估不同。因此,MRsim 可以更好地指导放射治疗计划的制定,并可作为治疗反应的评估新基线 MRI。

Sevcan 等对 38 例脑转移瘤患者 (13 例黑色素瘤、11 例肺转移瘤、7 例乳腺转移瘤、6 例其他转移瘤) 的连续 3 次随访 (治疗前、早期随访和晚期随访) 和 7 例黑色素瘤患者 (10 个假性进展病变) 的 MRI 和 DCE 进行评估。结果显示治疗前增强峰上升斜率 (wash-in) 平均值显著高于治疗后 (15.3 ± 24.7 vs 5.80 ± 10.2 , $P < 0.01$)。治疗前平均 AUC 值显著高于治疗后 (141113 ± 184644 vs 79378 ± 119120 , $P < 0.04$)。所以 DCE 可能有助于识别有反应或假性进展的病变。

Meghavi 等纳入 45 例首次接受立体定向放射外科 (SRS) 治疗后的脑转移瘤患者 (21 例原发性肺癌、8 例乳腺癌、8 例黑色素瘤、2 例肾癌、6 例其他),在其第一次随访时进行伪连续动脉自旋标记 (pCASL) 扫描,由经验丰富的神经放射科医师根据术后 pCASL 灌注加权图像 (PWI) 将患者分为阳性或阴性 (ASL+/-) 组。结果显示 ASL+ 组病灶与病灶周围的平均信号强度比 (SI 1.86 ± 0.15) 高于 ASL- 组 (0.77 ± 0.05) ($P < 0.05$)。ASL- 组在 6 个月时出现放射进展性疾病的比例较 ASL+ 更高 (52% vs 12.5%)。该研究证明了脑转移瘤患者 SRS 后第一次随访的 pCASL 可以很好地描述脑转移瘤的术后治疗反应和复发情况。

Soyeong 等纳入 81 例原发性中枢神经系统淋巴瘤 (PCNSL) 患者,获得治疗前生理的 MRI 图像,根据表观扩散系数和脑血容量,采用 k-均值聚类将体素划分为三种空间生存环境。在 PCNSL 中,乏血管细胞肿瘤的生存环境与治疗耐药性密切相关, MRI 图像中空间生存环境的评估可以在化疗前对 PCNSL 患者进行基于影像的疗效预测。

脑认知、记忆与运动障碍性疾病

Fan 等纳入了 50 例早期未服药帕金森病患者 (PD) 和 50 例健康对照者,所有参与者都接受了静息态功能磁共振成像检查以及一系列问卷调查以评估疾病的严重程度和精神状态。该研究首次证实了未用药早期帕金森病患者与年龄匹配的健康对照者之间全脑连接的差异主要集中在 SMN、DGN、LBN 和 VSN,这可能与 PD 早期的运动症状和非运动症状有关。同时,研究结果揭示了未用药早期帕金森病患者网络内和网络间连接模式的收敛和发散的变化。

Liu 对 231 例受试者 [包括 81 例帕金森病患者 (PD)、39 例进展性核上性麻痹 (PSP) 患者、21 例多系统萎缩帕金森型患者 (MSA-P) 和 90 例健康对照者] 进行了结构和动脉自旋标记 MRI 检查来测量深部核团和小脑的体积和灌注值。结果显示双侧尾状核灌注明显减少可能是 PSP 的特征,而双侧壳核和右侧小脑 V 区明显萎缩可能是 MSA-P 的特征。

扩散谱成像 (diffusion spectrum imaging, DSI) 是一种基于广义 q-采样的高阶无模型 MRI 成像方法。Pohchoo 等对 36 例 PD 患者和 58 名健康对照者进行了 DSI 检查和包括统一帕金森病评分量表 (UPDRS III) 和 H&Y 量表在内的临床运动评估。对 PPN 轴突进行确定性纤维追踪,将 PPN 投射纤维在体素水平的 RDI/NRDI 值与运动评分进行相关分析。结果发现 PPN 到不同深部灰质核团的投射纤维局部改变与运动障碍程度相关。该研究提供了 PPN 投射失调的影像学证据,支持 Braak 的假设,并与文献中提出的进行性神经炎症和神经退行性变一致。

Alexander 等对 52 例进行性核上性麻痹 (PSP) 患者、20 例帕金森病 (PD) 患者、26 例多系统萎缩 (MSA) 患者、7 例皮质基底节综合征患者以及 25 名健康对照者 (HC) 的弥散微结构成像 (DMI) 参数进行了分析比较。结果显示了 PSP 患者轴突变性的特征性区域模式,与已发表的 PSP 在弥散加权成像中的萎缩和改变的具体变化区域非常吻合。

Sojeong 对 MEDLINE 和 EMBASE 数据库进行系统文献检索,选取截至 2021 年 1 月 21 日发表的 21 篇评估内侧颞叶萎缩 (medial temporal lobe atrophy,

MTA)量表对阿尔茨海默病诊断的文章。结果证明了 MTA 量表在阿尔茨海默病中的良好诊断性能和可靠性。

Chong 等回顾性观察了 6977 例因认知障碍、微出血、脑淀粉样血管病(CAA)和高血压脑血管病于门诊接受磁敏感加权成像(SWI)检查的患者。诊断率定义为 SWI 结果阳性的患者在所有患者中的比例,并确定 95%置信区间。结果显示 SWI 对认知障碍患者的诊断率较高,对老年组的诊断率较高;SWI 识别出的微出血符合 CAA 和/或高血压血管病变标准。

Mashaal 通过比较 17 例对照组(NC)、16 例左侧颞叶癫痫合并内侧硬化(TLE-MTS)并激光间质热疗术后癫痫自由发作(SF)患者、16 例左侧 TLE-MTS 并激光间质热疗术后 12 个月随访无癫痫自由发作(NSF)患者的静息状态功能磁共振成像,以确定癫痫发作结局的独特功能连接模式。结果显示在 NSF 组中可观察到广泛的双侧的网络功能(如小脑、边缘系统和丘脑-觉醒网络)的破坏,在 SF 中只观察到单侧的改变。就术后结果而言,与 SF 和 NC 相比,NSF 的丘脑-觉醒网络过度活跃。

Rammohan 等对 12 例年龄和性别匹配的正常对照者与 125 例难治性颞叶癫痫患者在高场 3.0T 磁共振系统上使用亚毫米分辨率的 MR 显微成像序列进行扫描。用手动分割方法进行海马亚区定位,分析其与组织病理学和手术后结果的相关性。研究结果表明,术前使用海马高分辨率 MR 显微亚区成像对海马硬化(HS)进行评估,可以可视化其内部结构、区域特异性致病因素,并预测手术结果。

Gilbert 等对 14 例难治性局灶性癫痫患者采用 3D-MRSI 方法在 Siemens Magnetom 7.0T 成像仪上进行扫描。结果显示 14 例患者中有 13 例达到了可接受的 MRSI 质量,在这 13 例患者的代谢热点有 11 例符合临床术前评估。所有这些热点区域的总胆碱和肌酐(tCho/tCr)均升高,多数患者 NAA 升高。该研究建立了难治性癫痫患者高分辨率代谢显像的探索性数据集,tCr/tCho/INS/NAA 是有希望的代谢标志物。采用新的 HR-7.0T-MRSI 方法对癫痫患者进行代谢成像,有可能在结构正常的 MRI 病例中识别致病区域。

脑创伤

创伤性脑损伤(TBI)后神经变性和痴呆的病理学机制仍不清楚。Bao 等以膜内注射钆为示踪剂,通过 T₁W MRI 扫描评估淋巴系统功能。分别在 4 个时间点获得 TBI 患者(n=16)和健康对照组(n=7)的图像。结果显示,TBI 组 CSF 和 GM 的显著延迟增强表

明 TBI 患者的脑淋巴系统受损。淋巴系统功能障碍可能为理解 TBI 引起后期生活认知障碍的发病机制提供了新的线索。此外,该研究再次证实了膜内注射钆 MRI 扫描探索人类淋巴功能的潜力。

使用人工智能(AI)实现颅内出血(ICH)自动检测的应用已经出现,包括 RAPID ICH。Chang 等使用 RAPID ICH 对 1388 例患者(1251 例来自急诊科,137 例来自住院部)的 ICH 进行自动检测。结果显示 RAPID ICH 对诊断 ICH 表现出了相对较高的敏感度和非常高的特异度,在急诊患者中敏感度较低、特异度较高,在住院患者中敏感度较高而特异度较低。因此使用人工智能应用程序(如 RAPID ICH)可对潜在阳性病例进行及时的分诊,实现早期干预,并可能改善预后,尤其是在各项常规检查平均周转时间较长的住院患者中。

Mark 等采用计算机化放射信息系统(CRIS)软件,在新冠肺炎疫情之前和期间分别对随机选取的患者连续两周内进行头颅 CT 扫描,以客观地评估根据英国国家卫生与保健优化研究所(NICE)头部损伤指南进行头颅 CT 检查的阳性率。与疫情前相比,在疫情期间因头部损伤进行的头部 CT 扫描更少。与上一年相比,2020 年 4 月疫情期间英国事故和应急部门就诊的患者数量减少了 57%。英国医疗机构担心即使患有严重急性病变,患者也选择不到医院就诊。该研究指出更具选择性的有症状的患者组可能会提高头颅 CT 的阳性率。然而情况并非如此,正如结果所示,针对头部损伤后进行头部 CT 扫描的 NICE 指南过于宽泛,可能需要进行审查,以改进选择标准。

Alexander 等回顾性分析 450 例轻度颅脑损伤(mTBI)受试者(平均年龄 42 岁,范围 12~82 岁)的临床数据,记录了 7 种常见 mTBI 临床症状的发生率和持续时间,使用胼胝体(CC)弥散张量成像(DTI)分析慢性期 mTBI 症状表现与持续期之间的关系。该研究揭示了 CC 的 FA 值降低与 mTBI 后遗症(尤其是认知后遗症)持续期之间的显著关联,证实胼胝体 DTI 可能有助于预测慢性期 mTBI 患者的预后。

使用抗凝/抗血小板药物的患者,尤其是直接口服抗凝药物(DOAC)的患者,发生创伤后迟发性颅内出血(DH)的风险尚未明确。Chang 纳入了 1046 例正在服用抗血小板和抗凝药物(包括 DOAC),并且遭受过头部创伤的患者。这些患者早期的放射学检查报告建议复查以评估 DH。在建议复查的患者中,约 50%接受了再次检查。纳入的患者中 DH 发生率为 1.8%,总死亡率为 0.4%,高于以往发表的部分报道。DOAC 的 DH 风险和死亡率均显著低于华法林/氯吡格雷。

脑感染性、炎症性和代谢紊乱疾病

Seongken 等根据改良的 Duke 标准,连续入选确诊为感染性心内膜炎(IE)或可能为 IE 且接受了脑 MRI 检查的 138 例患者。结果显示脑 MRI 对 IE 的诊断率为 71%(98/138,95%CI:63%~78%),可考虑用于感染性心内膜炎的诊断。

Shivani 等收集了 104 例经抗体证实的自身免疫性脑炎(AE)的患者(97 例有 MRI 图像),描述其临床和 MRI 表现,AE 患者多为年轻女性。2/3 的患者在症状出现时有 MRI 异常,最常见的是边缘系统异常。特殊的影像特征可以帮助识别疑似 AE 患者,并指导进一步的实验室检查。

Wang 对 43 例输血依赖型贫血(TDA)患者和 32 例对照者采用三维半自动阈值容积测量法(V3D)(参考标准)、平面容积测量法(V2D)、基于感兴趣区(VROI)、椭球体(VEII)和面积长度(VAL)体积测量法评估垂体前叶大小和垂体的高度。通过使用多回波 SE 序列将质子信号强度与回波时间进行拟合来评估垂体 R2,将 BSA 调整后的垂体三维体积(V3Di)与年龄的关系表示为 Z 值。该研究证实准确评估垂体大小需要 3D 或 2D 容积测量,垂体体积 Z 评分和 R2 可以识别 TDA 患者存在垂体功能障碍的风险。

儿童神经

突显网络(SN)、腹侧注意网络(VAN)、背部注意网络(DAN)和默认模式网络(DMN)在自下而上和自上而下的注意机制中表现出显著的交互作用和重叠作用。Valeria 等对 88 例出生时胎龄 28~40 周的健康新生儿进行了静息状态功能磁共振成像。使用多变量数据驱动框架推断在出生时胎龄或其他网络的连通性。结果表明在早期婴儿阶段 VAN 对自下而上的网络发现中有显著作用,VAN 和 SN 在自下而上的注意力控制的作用中相互重叠。SN 是本研究中唯一无法推断出生时孕周的网络,可能是因为出生时 SN 成熟阶段太早,无法推断 GA。

Anjuna 等对 40 例早产儿(胎龄 28~37 周)进行了新生儿脑剪切波弹性成像(SWE)的初步研究,其中 20 例临床诊断为缺氧缺血性脑损伤(HII),20 例无窒息史。分别在左右基底节-内囊-丘脑区(深灰核团)和左右脑室周围顶枕部白质(POWM)4 个点测量硬度值。有窒息史的早产儿双侧脑室周围白质和深灰质的硬度值较无类似病史的早产儿略低,提示脑损伤部位较软。

Clara 等分析了自闭症研究数据库中来自四个不同队列的 583 例受试者的 T₁WI、弥散张量(DTI)图像

和临床数据。用基于纤维束示踪的空间统计分析(TBSS)和体素水平分析来比较 ASD 患儿与正常发育儿童。使用一般线性模型,评估了年龄对 ASD 诊断的影响。用基于体素的形态计量学(VBM)分析皮质厚度。研究结果显示 ASD 患者与对照组相比,胼胝体前/中段连合束的微结构完整性受损与年龄相关,从青春开始开始在青壮年阶段中变得更加显著。

Li 等对 197 例出生时平均胎龄为 29.4(SD=2.4)周的极早产儿(very preterm infants,VPI;胎龄≤32 周)在等效年龄(term equivalent age,TEA)约为矫正年龄(corrected age,CA)2 岁时获得的结构定量 MRI 特征开发了集成学习模型,以 68.0%的准确度、70.2%的敏感度和 67.3%的特异度识别出认知缺陷的高危婴儿。该研究所提出的模型优于同类模型,并且结合多模态 MRI 特征可能会进一步提高性能。

脊柱

弥散张量成像(DTI)可用于评估脊髓损伤后的显微结构变化。Mahdi 等对 18 例 8~20 岁慢性脊髓损伤(spinal cord injury,SCI)患者根据美国脊柱损伤协会损伤评定量表(the American Spinal Injury Association Impairment Scale,AIS)按脊髓损伤严重程度分为三组,均行 DTI 扫描,由其衍生的参数来表征儿童脊髓损伤患者丘脑核团的显微结构变化。根据 AIS 分级,该研究结果提示脊髓损伤后某些丘脑核团存在显微结构改变。重度和轻度 SCI 患者丘脑某些核团弥散参数值的差异可能反映了慢性 SCI 的神经可塑性改变。这些显微结构变化可能提示丘脑神经细胞对损伤的反应。

Arichena 等回顾性分析了 62 例急性颈髓损伤(SCI)患者和 21 例健康对照者的临床资料。采用轴向梯度回波序列以及脊髓工具箱测量压缩比(CR)。DTI 测量由单次激发回波平面成像(EPI)序列或带状放大的倾斜多层 EPI 技术获得,并提取 DTI 各项指标。该研究表明,在急性颈椎脊髓损伤中,除了损伤中心外,紧邻病变中心水平的扩散和结构测量可以可靠地获得与神经功能损害量表相关的指标。

颈椎侧位穿刺术被认为比腰椎穿刺术更危险,对穿刺部位解剖结构的充分掌握能避免血管和脊髓损伤的风险。Ross 等通过 2 位放射科医生对符合标准的 400 个病例的 CT 血管造影进行了评估,记录小脑后下动脉(PICA)分支的范围、起源及在颈 1~2 椎体(C1~2)水平椎动脉的位置、C1~2 水平蛛网膜下腔背侧间隙的宽度。该研究中 C1~2 水平以下无 PICA 起源或 PICA 环,无椎动脉延伸至椎管后 1/3,C1~2 外侧穿刺无危险。所有受试者蛛网膜下腔背侧间隙均≥

2mm。研究结果增强了人们对颈椎侧位穿刺术安全应用的信心。

Alessandro 等进行了一项随机临床试验,以确定联合脉冲射频(PRF)和硬膜外类固醇注射(TFESI)治疗腰椎间盘突出症(LDH)引起的急性坐骨神经痛是否优于单独使用 TFESI。该研究纳入的 289 例患者中,145 例接受了 PRF/TFESI 治疗,144 例接受了 TFESI 治疗。在这项对 LDH 引起的急性坐骨神经痛患者的试验中,与单独使用 TFESI 相比,使用 PRF+TFESI 在 1 年的随访过程中显示出对腿部疼痛的更快、更持久的控制。

深度学习算法可以在缩短整体采集时间的同时,通过去噪和提高图像分辨率来改善图像质量。Sanders 前瞻性获取 43 例受试者(平均年龄 51.6 ± 18.2 岁,年龄 20~89 岁)的 SubtleMR™(一种深度学习增强算法)脊柱 MR 图像(“subtle”)和常规脊柱 MR 图像,由 2 位神经放射科医生随机独立评估图像质量。得出深度学习图像增强算法获取的图像总体质量与常规获取的脊柱 T₁、T₂ 加权和 STIR 序列的图像质量相似的结论。Sanders 等还纳入 3165 例患者(平均年龄 60.6 ± 20.8 岁)评估 FDA 批准的卷积神经网络模型(Aidoc)在多家医院系统中检测颈椎骨折的性能。该研究结果表明基于人工智能的算法可以辅助放射科医生检测工作中可能遗漏的颈椎骨折。这些算法的进一步改进将使假阳性和假阴性的比率降至最低。

脊髓硬膜外间隙的危重病变如不及时治疗可能导致瘫痪。Robert 等回顾性分析 114 例包含硬膜外血肿、脓肿、蜂窝织炎或积液的影像学 CT 报告,采用自然语言处理(NLP)训练机器学习算法并将该模型与远程放射实践相结合。该模型在测试集上的 AUC 为 0.965。在前瞻性研究中,38620 项 CT 研究中有 7 例硬膜外病理阳性,该模型正确识别了其中 5 种,敏感度为 71.4%,特异度为 86.8%。因此该模型可以帮助检测严重的硬膜外疾病,以防止漏诊和改善患者的护理。

Park 等收集 5426 例患者的腰椎 MR 图像并对深层强化模型进行训练,提出了一种全自动化的人工智能驱动的 3D 流水线来检测、定位和分级每个功能脊椎单位(functional spinal units, FSU)的等级。计算出目标分级与预测等级之间的平均总体绝对误差(mean absolute error, MAE)为 0.27, 1、2、3 级 MAE 分别为 0.26、0.33 和 0.33。因此人工智能流水线能够准确检测腰椎管狭窄的存在、位置和分级,可与经验丰富的专业放射科医生媲美。

其它

Srivathsa 等对来自 3 个机构的 119 例患者使用

不同方案的 3 台扫描仪于对比剂注射前、低剂量(10%)和全剂量(100%)进行 3D T₁WI 扫描。使用数据集(56 例训练/13 例验证/50 例测试)训练深度学习(DL)模型,使用零剂量和低剂量图像预测全剂量图像。由 3 位有经验的神经放射学家对 100 个图像(50 个全剂量和 50 个 DL 合成)进行盲法评估。3 位阅片者对 DL 合成图像的肿瘤类别有很高的成对一致性(Cohen's kappa=0.61, 分别为 0.67 和 0.66)。所以应用 DL 算法既降低了 90%的钆剂量,且诊断效能、图像质量未受影响。

Jung 等从 3.0T 临床扫描仪上获取 80 组 3D MPRAGE 数据(60 组用于训练,6 组用于验证,14 组用于测试),采用 Noise-Noise 框架作为基础架构,对深度学习模型进行了训练和测试。该模型在所有测试集数据中,对抽样不足的数据进行了成功的去噪。该研究在 3.0T 扫描仪上花大约 5min 就获得了 7.0T 样高分辨率 3D T₁WI 图像。这将有助于精细结构异常的检测和脑深部刺激的靶向治疗。该方法能够有效抑制来自欠采样 MR 图像的噪声。

深度学习(DL)可以缩短扫描时间的同时得到高质量图像。Lawrence 对 26 例患者在 GE 3.0T Architect 扫描仪上进行了标准(SOC)和快速(FAST)脊柱 MRI 检查。快速扫描数据集(FAST-DL)的深度学习(DL)处理是使用 FDA 批准的基于 CNN 的 DL 图像增强产品-Air Recon DL™。与 SOC 和未经 DL 处理的 FAST 相比,DL 可将脊柱 MRI 扫描时间缩短 64%~72%,放射科医生认为增强图像质量在信噪比、图像清晰度和伪影减少方面都有优势,从而提高了效率,预示着该工具常规使用的实用价值。Suzie 等对来自 5 个机构的 40 例受试者在 6 台扫描仪上进行了脑部 MRI 检查,每个受试者都获取了 SOC 和 FAST 扫描的数据。通过 FAST-DL 优化 FAST 的扫描结果。SOC 和 FAST-DL 均使用 NeuroQuant™进行定量体积分析,并根据神经放射学家的临床疾病诊断结果对其进行分类。与 SOC 相比,DL 重建允许减少 60%的扫描时间,同时保持高度体量化精度、一致的临床疾病分类以及被放射科医生所认可的高质量。

多核合成(multi-kernel synthesis, MKS)是一种用于在骨领域(如骨重建核)提高空间分辨率、在脑领域(如头部重建核)降低噪声的 CT 图像 CNN 方法。Akitoshi 等对 50 例因外伤或急性发作症状患者行头部 CT 检查,重建轴向 MKS(0.75 mm)和常规[骨(0.75 mm)和脑(5 mm 和 0.75 mm)]图像。三位神经放射科医生对 MKS 或常规影像进行了两次盲评。与不同层厚的常规临床 CT 相比,使用单组薄层 MKS 图像的头部 CT 识别骨折和颅内病理的阅片者性能相

似。

快速、多对比的脑部 MRI 可以改善对可能无法忍受长时间检查的急性患者的评估。Augusto 对一种基于人工智能加速的多次激发回波平面成像(msEPI)的方法进行了初步的临床评估。该研究对 26 例急诊和住院患者在两种 3T 系统使用基于 2 min 快速 msEPI 序列和快速自旋回波(TSE)序列进行 T_2 、 T_2^* 、 T_1 -FLAIR、 T_2 -FLAIR 和弥散加权成像的扫描并由两位神经放射医生独立评估。人工智能加速 2 min 多帧 EPI 方案为急诊和住院患者提供了快速、全面的脑 MRI 评估,与传统的 10minTSE 脑 MRI 检查的结果是一致的。

深度学习重建(DLR)有望在保持成像质量的同时降低噪声。Yasutaka 等对 61 例患者(37 例女性,58~73 岁)进行 3D-MR 脑池造影[改良快速自旋回波(FASE),半傅利叶单次脉冲涡轮脊柱回波的等效序列]。该研究表明 12 倍加速亚毫米全脑三维磁共振脑池成像伴 DLR 优于无 DLR 并保留了外展神经等精细结构的轮廓。

运动伪影的检测和定量有助于自动重复采集的进行并避免与 MR 图像运动伪影相关的解释陷阱。Bernardo 等开发了一种基于机器学习的图像质量仪表板(Image Quality Dashboard, IQD)。与放射科医师相比, IQD 准确预测了 3 个测试站点(8 个供应商,54 台 MR 扫描仪,2518 次脑部 MR 检查)运动伪影的存在和严重程度。这项多中心测试研究表明,对于不同的 MR 扫描仪和序列,可以使用 IQD 准确检测和量化运动伪影。

Walter 等纳入 428 例(SIH 阳性 155 例,健康对照者 273 例)患者,使用自然语言处理工具筛选连续的、同时期的脑 MRI 报告来确定正常对照组。手动核查和确认标记为可能正常的报告。应用经验性的启发式方法,采用 ResNet-50 进行迁移学习。该研究训练了一个高准确度的深度学习模型,该模型可以帮助放射科医生在脑 MRI 检查中识别可能的 SIH 病例。

Yaewon 等纳入 257 例脑膜瘤患者(162 例低级别,95 例高级别),接受了包括对比增强 T_1 图像在内的脑磁共振成像方案。在放射组学特征选择($n=214$)后,对各种分类器组合进行微调。模型在 61 例脑膜瘤患者(46 例低级别,15 例高级别)的外部验证集中进行了验证。为了减少与 MRI 不同机构之间异质性相关的性能下降,使用周期一致对抗网络(CycleGAN)将外部验证的小图像集转换为机构训练集的大图像集。结果表明 CycleGAN 可能有助于提高放射组学模型在不同级别脑膜瘤外部验证的稳健性。

Giuseppe 等使用最近开发的基于脑 MRI 获得的

体积特征的无监督机器学习算法(SuStaIn)对 425 例复发缓解型多发性硬化患者,1129 次 MRI 检查进行分层。基于 11 个幸存的生物标志物的特征选择(TLV 和 10 个 GM 区域的体积),确定了两个亚型。该模型为多发性硬化症患者提供了生物学上可靠和有预测意义的分层,对临床试验设计和常规神经病学实践都有相关意义。

多通道伊利诺伊理工学院和拉什大学衰老(MIITRA)图谱项目旨在开发具有高空间分辨率的多模态老年人脑图谱。Wu 等经两台 3.0T MRI 采集了 400 例非痴呆老年个体的图像。这项工作利用来自大型多样化社区队列的非痴呆老年人数据,为 MIITRA 图集开发了 0.5 mm 分辨率的高质量 T_1 W 和 DTI 多模态模板。与其他模板相比,新模板能对老年人数据进行更高层次的主体间和模态间空间归一化。Mohammad 等也对 MIITRA 图谱开发了一个新的高分辨率灰质模板,他们对 MIITRA 图谱收录的老年个体的 T_1 W 图像按 Freesurfer 标准 Recon-all 批量重建命令进行处理,基于 Desikan Killiany 图谱将皮层下和皮层灰质分割为 84 个区域。应用 ANT 衍生转换于各个 T_1 W 图像以构建模板。该模板与图谱的高分辨率 T_1 W 模板相结合,可对老年人的灰质进行分割,与人工编辑的基于 Freesurfer 的分割一致性非常高。

统计参数映射(SPM)是一种将单受试者正电子发射断层扫描(PET)与健康队列进行比较的技术。Natasha 等对 34 例认知正常的个体进行了含 ^{11}C -匹兹堡化合物 B(PiB)的淀粉样蛋白 PET/CT 检查,建立了一个认知正常受试者的淀粉样蛋白 PET 扫描图谱,并用该图谱评估了 SPM 分析的可行性。该研究证实了 SPM 在淀粉样靶向 PET 中的应用价值,并提示 SPM 可以提高淀粉样蛋白 PET 成像在 AD 诊断中的准确性。

脑分割是从功能 MRI(fMRI)对脑网络进行图论分析的关键步骤。Luca 等纳入了 110 例具有解剖学和 rs-fMRI 数据的受试者。两个图谱用于分割(64 个标准区块-SP 和 150 个 SP)。通过引入相当于区块体积 10%的随机变量,在 Freesurfer 上模拟了 100 个新图谱。rs-fMRI 被用来从两个图谱所产生的各切片中建立功能网络,并对每个网络计算了 27 个图论度量。该方法再现了受试者之间和受试者内部的分割变异性,以评估小分割变化对整体和局部连通性测量的影响。一些图论度量不如其他度量稳定,尤其是 Katz 和 Bonachich 中心性。研究结果建议密切关注由受试者间和受试者内变异产生的与分割相关的空间误差,因为它们可能影响功能网络空间稳定性(SS)变异所描述的大脑连接分析。

Feng 等纳入了 60 例认知正常的受试者,其中 A 组的 30 例受试者(男 14 例,女 16 例,年龄 51.40 ± 7.70 岁)在示踪剂注射 45min 后接受了 PET-MR 延迟扫描(称为早期),而 B 组的另外 30 例受试者(男 14 例,女 16 例,年龄 52.50 ± 8.82 岁)在示踪剂注射 90min 后接受了延迟扫描(称为延迟)。在高分辨率 3D T₁ 加权结构脑网络的框架下证明了¹⁸F-FDG 摄取变化在不同延迟时间的一致性。随着延迟时间的变化,FDG 摄取在大脑的所有分割单元中同步和成比例地减少。

Daniel 等探讨了对急诊科出现轻度和非特异性神经症状的患者,在 CT 阴性后加用短序列脑 MRI 检查轻度卒中的成本与效果。结果显示对于有轻微和非特异性神经症状的急诊患者,额外的短序列 MRI 可以通过检测轻微卒中及时进行二级预防,从而降低成本和

提高累积质量调整寿命年(QALYs)。

收缩压干预(Systolic blood PResure INTervention,SPRINT)试验随机对 9361 例成人高血压患者进行强化或标准血压管理,得出了强化治疗可改善心血管预后、减缓脑白质病变(white matter lesions,WML)进展的结论。Chintan 等通过 549 例受试者 3D T₁、3D T₂ FLAIR 和静息态功能磁共振图像评估了大脑功能连接(functional connectivity,FC)的纵向变化(Δ FC),以确定强化治疗是否会减少 FC 的下降,以及 Δ FC 与大脑结构变化之间的关系。结果显示在强化治疗患者中 WML 负荷的纵向增加或 TBV 的纵向减少与 DMN 的 FC 下降有关。强化治疗与听觉-凸显-语言网络(ASLN)的 FC 下降较少有关,特别是在老年患者或 WML 较高的患者中。

(收稿日期:2022-01-10)

《放射学实践》杂志入选 中国医学科学院医学科学卓越期刊目录(2021 版)

近日,华中科技大学同济医学院附属同济医院《放射学实践》杂志入选中国医学科学院医学科学卓越期刊目录,是该目录中文杂志放射影像领域仅有的两本杂志之一。《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。

《放射学实践》创刊于 1986 年。创刊时杂志主要内容是将德国著名医学影像学杂志《Roentgenpraxis》原文翻译成中文,向中国广大放射学工作者介绍德国最新的医学影像学信息,是我国改革开放后最早的国际合作译文期刊。1996 年开始刊登国内专家学者的文章,以论著为主,涉及医学影像学的方方面面。以时代性、权威性、群众性作为刊物的定位品格,博采众长、兼收并蓄,受到广大放射学工作者的喜爱。现为 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊,并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。