



• RSNA2016 聚焦 •

(专题策划:杨岷)

RSNA2016 中枢神经系统影像学

石晶晶,张妍,张顺,李娟,李丽,胡颖,申楠茜,王剑,朱文杰,李诗卉,王振雄,朱文珍

【摘要】 RSNA2016 神经系统方面科学报告的热点主要集中在拓展 MRI 新技术及数据分析方法,主要包括¹H-MR 血氧定量成像(MOXI)、酰胺质子转移成像(APT)、扩散峰度成像(DKI)、神经突方向离散度及密度成像(neurite orientation dispersion and density imaging, NODDI)等,在中枢神经系统疾病的应用研究主要包括:①¹H-MR 血氧定量成像(MOXI)测量人脑肿瘤氧张力(PO_2);②MK 提供人神经胶质瘤的分子状态的信息;③缺血性卒中病灶酸度分级评估缺血半暗带和侧枝循环的情况;④扩散加权动脉自旋标记(DW-ASL)MRI 测量内源性水渗漏评估阿尔茨海默病(AD)脑血管渗漏、定量磁化率成像(QSM)定量分析 AD 脑内病理性铁沉积;⑤糖尿病脑损伤的认知功能以及精神疾病功能 MR 成像。本文对相关内容进行简要综述。

【关键词】 脑肿瘤;脑血管病;神经系统变性疾病;酰胺质子转移成像;扩散峰度成像;神经突方向离散度与密度成像

【中图分类号】 R445.5;R814.42;R739.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)03-0202-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.03.001

2016 年 RSNA 年会上中枢神经系统影像诊断方面的研究进展和新技术的应用概况主要体现在以下几个方面。

脑肿瘤研究进展

1. 脑肿瘤功能成像

缺氧与肿瘤侵袭性、肿瘤对放射治疗的抗性、肿瘤生化治疗失败和肿瘤转移相关。脑组织氧张力(PO_2)测量对于表征 O_2 和代谢之间的关系以及评估由供应不足所导致的后果非常必要。使用¹H-MR 血氧定量成像(MOXI)可非侵入性测量人脑肿瘤的氧张力。对 16 例临床组织学证实为脑肿瘤的患者行 MRI 扫描,扫描序列包括 MOXI、常规 MRI、定量 T_1 -和 T_2 -mapping 和多 b 值 EPI-DWI。 T_1 -mapping 采用多个翻转角(2° 、 7° 、 15° 、 25°)梯度回波序列,4 个翻转角。 T_2 -mapping 采用标准 CPMG 序列,20 个回波时间(10~200ms,间隔 10ms), $b=0,50,100,150,200,300,450,600,900$ 和 $1200s/mm^2$ 。肿瘤的 PO_2 使用 MOXI 算法来获得。用于 PO_2 的 MOXI 是基于 IVIM 扩散和

多自旋回波 CPMG 序列弱场扩散模型对血液 R_2 弛豫的依赖性。结果显示不同肿瘤中 PO_2 水平具有显著差异,肿瘤内和肿瘤周围的 PO_2 分布可以通过 MOXI 清楚地显示出来。这种方法对肿瘤纵向评估特别有意义。

对 44 例胶质瘤患者行 DKI 扫描,测量 MK 和 MD 值,结果与 WHO 病理分级和分子特征[包括异柠檬酸脱氢酶(IDH1/2)突变状态、 α -地中海贫血/智力迟钝综合征 X 连锁基因(ATRX)表达、染色体 1p/19q 杂合性丢失(LOH)以及 O6-甲基鸟嘌呤 DNA 甲基转移酶(MGMT)启动子甲基化状态]进行比较。发现在 IDH1/2 变异和 ATRX 失表达患者中 MK 值显著降低,原发性胶质母细胞瘤的 MK 值(0.70 ± 0.13 , $P=0.002$)显著高于星形细胞瘤(0.51 ± 0.14)。故 MK 可提供神经胶质瘤的分子状态的信息。考虑到 IDH1/2 突变状态和 ATRX 表达的诊断和预后意义, MK 可作为胶质瘤的体内生物标志物。MK 的诊断性能可能较目前 WHO2007 常规组织学发现要更适合"整合"分子成像。

回顾性研究 88 例接受术前动态对比增强 MRI (DCE-MRI)的胶质母细胞瘤(GBM)患者。从整个肿瘤增强过程中获得 30s 和 60s 时的初始曲线下面积(IAUC)平均值和第 75 百分位数(p_{75})。研究发现高

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:石晶晶(1989-),女,河南驻马店人,博士,住院医师,主要从事中枢神经系统影像学诊断工作。

通讯作者:朱文珍, E-mail: zhuwenzhen@hotmail.com

IAUC 参数在未甲基化的 MGMT 组中与较差的总生存期和未进展生存期相关,但在甲基化组和总体受试者中并未发现这种相关性。在去甲基化组中,当添加了 IAUC 参数时,相对于临床因素和常规 MRI 结果(OS AUC:0.77;PFS AUC:0.66),1.5 年生存率和 1.0 年无进展生存率的诊断准确性得到了提高(OS AUC:0.87~0.90,PFS AUC:0.69~0.71)。当添加 IAUC 的平均值和第 75 百分位数($P=0.001, 0.001$ 和 0.056)时,这种改善在 1.5 年 OS 中是显著的。甲基化 MGMT 组的 IAUC 参数高于未甲基化组($P<0.05$)。IAUC 参数结合 MGMT 状态可用于预测 GBM 患者的生存结果,未甲基化的 MGMT 启动子能够更准确地预测 GBM。

对病理证实的低级别胶质瘤患者首诊至第二次外科活检期间进行连续的临床和影像追踪,MR 图像进行配准后在 FLAIR 图像上测量肿瘤高信号区的体积,并在 ADC 图上进行测值。每个时间点都有标准化的 ADC 前 10 个百分位数,标绘每例患者随时间变化的数据点,结果显示 ADC 连续性下降与低级别胶质瘤向高级别转换密切相关,可作为肿瘤随访过程中的重要参数。低级别胶质瘤患者连续 ADC 分析可以帮助识别肿瘤进展。

替莫唑胺(TMZ)是治疗胶质母细胞瘤(GMB)患者的一线药物,对 47 例胶质母细胞瘤患者进行 TMZ-放射治疗(CCRT)后立即进行动脉自旋标记(ASL)成像和 MRI 随访(中位随访时间 250 天)。ROI 选择在 ASL 图像上较对侧正常灰质区脑血流量(CBF)升高的区域,并计算对于整个强化病灶基于体积的灌注分数。然后,分别以 5、25、75 和 95 百分位数的灌注分数作为界值将患者分为 CBF 阳性或阴性。对数秩检验用于通过使用 Kaplan-Meier 曲线来评价二分化的 CBF 与进展时间的关系。发现 CBF 可以用来对正在行 TMZ 治疗的 GBM 患者的进展情况进行区分。

2. 肿瘤与基因

肿瘤基因分型在神经肿瘤学在区分组织学相似的肿瘤和提供预后信息的中有重要作用。已证实异柠檬酸脱氢酶(IDH)的状态可以作为预后和预测标记,如 IDH 野生型(WT)低级别胶质瘤表现类似于胶质母细胞瘤;类似地,1p19q(1p19qcode1)编码也可作为预后评估的标记物;灭活突变的地中海贫血/智力迟钝综合征 X 连锁(ATRX)基因与 IDH 突变相关,并与 1p19qcode1 相互排斥。总的来说,这些标记包括低级别胶质瘤的三个不同分子组:①IDH 野生型(WT);②IDH 突变(MT)-1p19qcode1-ATRX 完整型;③IDH MT-1p19q 完整-ATRX 缺失型。对 42 例有病理证实的低级别胶质瘤患者(WHO II 或 III 级)的 FLAIR、

DWI 和增强图像进行定量评估和分级。Fisher 精确检验用于评价这些参数与分子状态的关系。研究发现相比较 IDH 突变型,IDH 野生型低级别胶质瘤在 FLAIR 图像上更表现为浸润性生长的特征,而且与它们预后较差相对应。IDH 突变型肿瘤和 ATRX 缺失型有扩散有限的趋势。进一步的研究方向可能是应用初步诊断成像,通过预测低级别胶质瘤的分子亚组来指导治疗前的决策。

回顾性地分析 219 例病理学证实的 GBM 患者的术前常规 MRI、DSC PWI 和 DWI 资料。对所有肿瘤的主要基因组谱(如 IDH 突变,1p 缺失,19q 缺失,EGFR 扩增,PTEN 丢失,ATRX 丢失和 p53 突变)进行分析。在 FLAIR 图像上测量肿瘤体积,对比增强图像上测量强化部分和肿瘤内坏死的体积及两种体积的比值。基于 FLAIR 图像和 T_1 增强图像,计算标准化脑血容量(nCBV)和标准化表观扩散系数(nADC)直方图参数。通过使用独立样本 t 检验、Mann-Whitney 检验和 ANOVA 分析,比较不同基因组肿瘤中各测量参数和无进展生存期(PFS)。在 190 例有可用 IDH 突变信息患者中,28 例有 IDH 突变,162 例 IDH 缺失。在 FLAIR 和 T_1 增强图像上 IDH 突变阳性组比阴性组的体积比要高(分别为 8.27 和 3.38, $P=0.025$),平均 nCBV 要低(分别为 3.89 和 5.2, $P=0.02$)。ATRX 缺失组比没有 ATRX 缺失的组有更高的第 5 百分位 nADC 值(分别为 1.10 和 1.02, $P=0.048$)。三个组(IDH 突变阳性,IDH 突变阴性有 ATRX 缺失和 IDH 突变阴性无 ATRX 缺失)之间进行比较,结果显示第 5 百分位 nADC 值的差异有统计学意义(1.12、1.10 和 1.01, $P=0.019$)。此外,FLAIR 和 T_1 增强图像和第五百分位 nADC 之间的体积比显示与 PFS(分别为 $P=0.0018, P<0.0001$)呈正相关,并独立于基因标记物。因此影像学参数,如体积、标准化 CBV 和 ADC 与主要基因组有确定的相关性,这些影像学参数可以对 GBM 患者的预后进行评估。

脑血管疾病研究进展

1. 缺血性脑卒中和侧支循环

对 pH 值敏感的酰胺质子转移(pH-sensitive amide proton transfer,APT)MRI 作为灌注和扩散成像的补充,可无创的提供代谢生物标志物的信息。内源性 APT 成像依赖于不对称分析(MTRasym),其易受磁化转移(MT)和核极化效应(NOE)引起的不对称偏移的影响,导致灰白质之间的内在非 pH 对比。Zhou 等评估了 MT 和弛豫率标准化 APT(MT and relaxation-normalized APT,MRAPT)MRI 在急性中风动物

模型中对病变程度进行辨别的可行性。与 pH 无关的异质 MTR_{asym} 偏移主要与平均磁化率(MMTR)和纵向弛豫率 R_{1w} 相关,并能够使用多元回归分析进行校正。在急性中风时,MT 和 R_{1w} 变化较小,与常规 MTR_{asym} 图像相比,MRAPT 分析可显著提高对缺血诱导的酸中毒的显示特异性,因此能自动分割病变的酸度。对 MCAO 大鼠模型行 4.7T MRAPT MR 成像(成像序列包括 DWI、灌注成像、T₁-和 T₂-mapping 及 pH 加权-APT)并行多参数回归分析,发现灌注成像、pH 成像和 DWI 显示的损伤体积的差异有统计学意义($P < 0.001$, ANOVA)。此外,MRAPT MRI 描述了缺血性酸中毒的异质性,其中最严重的酸中毒位于扩散图像显示的病变区,中度酸中毒位于 pH 值与扩散图像上的不匹配区(代谢性缺血半暗带),轻度酸化位于灌注/pH 值图像上的不匹配区(良性缺血区),从而提供缺血性损伤的精致分层。

扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging,DKI)可用于表征病灶区组织微环境的复杂性,多 b 值 DWI 通过不同的计算模型可同时获得脑组织的弥散参数和灌注参数。对 84 例急性卒中患者行 DKI 及多 b 值 DWI 扫描,发现卒中时 DWI 和 DKI 的扩散相关参数的变化提示了不同程度的水分子微环境的紊乱。另外研究中还发现 FA 和 α 值所表现出的不均一性可能有助于对卒中中进行病因(如心源性梗死)分类,而 DKI 参数似乎与卒中的分布相关性更强。多 b 值 DWI 和 DKI 联合成像能提供脑缺血时的生理和血流动力学信息,从而对卒中中进行更全面的评估。

应用动脉自旋标记技术(arterial-spin labeling,ASL)和 T₂ 弛豫自旋标记技术(T₂-relaxation under spin tagging,TRUST)可计算脑血流量(CBF)和脑摄氧分数(OEF),无创性评估病理状态下的脑组织氧代谢情况。对 21 例颈内动脉(IC)狭窄、20 例镰状细胞贫血(SCA)患者及 45 例健康对照者行 pCASL 和 TRUST 成像,获得 CBF 及全脑 OEF 图像,分析发现颈内动脉狭窄及 SCA 患者的 OEF 较对照组增高,在颈内动脉狭窄患者组 CBF 与 OEF 呈负相关,而其它两组无此关联性。表明颈内动脉狭窄时 OEF 的升高对应着极度低灌注,同时意味着疾病更为广泛、危险且卒中风险增加。即使接受了标准化的积极治疗,症状性颅内动脉粥样硬化狭窄的患者一年内卒中复发的风险仍高达 14%~16%;OEF 升高(利用无创 MRI 约 1min 即可定量测量)可作为卒中风险的新的生物标志物,并指导个性化的卒中预防措施。

回顾性分析 110 例起病 9 小时内的症状性缺血性卒中患者的影像学资料(平扫 CT、增强 CT、CTA、CTP),发现 CT 灌注成像(CTP)有助于检测 CTA 显

示的远端颅内血管闭塞,而对于近端颅内血管闭塞的检测没有额外价值。不同经验水平的观察者对于颅内血管闭塞的诊断符合率的差异无统计学意义。CTP 有助于检测远端颅内血管闭塞的情况,对于优化急性缺血性卒中的影像检查策略有一定的临床意义。

2. 脑血流储备和脑血管反应性

侧支循环血供是评价缺血性卒中程度的重要指标,良好的侧支循环是行血管内治疗的卒中患者预后良好的重要预测因子。对 184 例行前循环近端血管闭塞早期血栓切除术的患者进行回顾性分析,发现良好的侧支循环与 90 天时患者残疾率的降低有显著的相关性。利用三期 CT 血管造影对侧支循环进行评估,可以很好地预测有早期缺血证据的大血管闭塞患者行血栓切除术后的预后情况,在类似的患者组中应将三期 CT 血管造影评估侧支循环情况作为标准的影像检查方案。

对 108 名受试者在正常和高碳酸血症期行假连续动脉自旋标记(pCASL)MRI 以评估脑血流量(CBF)和脑血管反应性(CVR)。在正常睡眠期间使用 ASL 测定基线 CBF,可提供关于脑组织总体代谢情况的正常值。高碳酸血症通过 MRI 兼容的非循环呼吸器面罩设置用于使用 5%CO₂/95%医用空气的混合物输送气体,这决定了反映血管舒张的 CBF 的变化情况。记录呼气末(ET)CO₂ 值。CVR 通过计算由高碳酸血症引起的 ETCO₂ 中每 mmHg 变化的 CBF 百分比变化来确定。使用 AFNI(afni.nimh.nih.gov/afni)产生 CBF 和 CVR 图,使用 Stata 软件(12.1, StataCorp, USA)进行线性回归分析。在高碳酸血症期间,CBF 值的范围由正常睡眠期间的平均 36.0/(min·100g)脑组织(最小 2.2,最大 102.9)增加到平均 58.4ml/(min·100g)脑组织(最小 14.4,最大 114.2)。CVR 值平均为 4.9(SD±3.9)。与男性相比,女性的基线 CBF 增加 5.5mmHg($P \leq 0.044$),女性高碳酸血症时 CBF 增加 7.9mmHg($P \leq 0.051$)。没有发现 CBF 与年龄之间有显著相关性。在 CVR 与年龄、性别、血压和心率之间没有显著相关性。表明 CBF 的性别差异存在。ASL 定量测量脑血流量并结合高碳酸血症,可以评估 CVR 和脑血流储备,从而识别处于脑缺血风险并可能从干预中获益的受试者。

神经系统变性疾病与老龄化

1. 阿尔茨海默病

APOE4 是散发性阿尔茨海默病(Alzheimer's disease,AD)的最大遗传风险,与 APOE3 相比,风险增加至 12 倍。DW-ASL MRI 通过结合运动敏化梯度来拓展常规 ASL,以便减弱来自微血管系统内血液的水信

号。脑血管(CV)泄漏源自具有和没有血液水衰减的 ASL 脑血流量(CBF)图之间的差异。对雄性 E3FAD(表达 APOE3 过量产生近端 AD 神经毒素、淀粉样蛋白 β (A β ; n=6)和 E4FAD(表达 APOE4 和过量产生 A β , n=11)小鼠进行 DW-ASL MRI,在 9.4T 动物扫描仪上使用快速自旋回波 ASL-STAR(具有交替射频的信号瞄准)序列。计算相对脑血流量(rCBF)图,并计算 CV 渗漏作为由扩散梯度引起的 rCBF 降低百分比。结果发现扩散梯度降低了脑中可检测的 rCBF。在 E4FAD 小鼠中 CBF 的减少比 E3FAD 小鼠显著更高($67\% \pm 8\%$ vs $22\% \pm 8\%$, $P < 0.01$),表明 APOE4 基因型引起的更高的 CV 渗漏。DW-ASL 通过测量内源性水渗漏,是一种评估 AD 中 CV 功能障碍的新技术,通过临床前成像识别 APOE 调节大脑血管特异性机械通路可能影响预防和治疗决策。

神经炎症(以小胶质细胞和星形胶质细胞的活化特征)可能对阿尔茨海默病的发病机制和进展有作用。与 PK11195 PET 图像相比,基于扩散谱成像(DBSI)进行纵向研究可不使用对比剂或放射性示踪剂,可量化分析神经炎症、预测 AD 进展。测量 44 例健康对照者(淀粉样蛋白-,神经元损伤-)和 18 例临床前阶段的 AD 患者(淀粉样蛋白+,神经元损伤-)CSF YKL40(推荐的胶质增生/炎症的生物标志物),计算 YKL40 和 DBSI 得出的细胞性之间的相关性,可见两者之间存在显著相关性,表明 DBSI 是神经炎症的非侵入性测量方法。DBSI 提供了一种无创,非辐射的手段来量化神经炎症。使用 DBSI,神经炎症不仅可以在临床前 AD 中被无创检测和定量,而且可以在无辐射的情况下进行纵向跟踪。

对 20 例 AD 患者和健康对照组进行了海马 MRS 研究,发现 AD 患者 NAA/Cr 明显降低,ml/Cr 和 ml/NAA 升高,且在 AD 患者左右两侧海马间亦有显著差异。这些代谢产物比值与患者的认知功能下降有显著相关性,ml/NAA 可以作为早期 AD 检测的标志物,以及评估痴呆的严重性和检测治疗反应。

2. 帕金森病

定量磁化率成像(quantitative susceptibility mapping, QSM)可清楚显示具有顺磁性或者反磁性的解剖结构并定量磁化率。采用 QSM 成像技术对 136 例帕金森病(Parkinson's Disease, PD)患者和 18 例以帕金森综合征为突出表现的多系统萎缩(MSA-P)患者头颅 MR 行回顾性分析,发现壳核、苍白球及右侧丘脑的 QSM 值有助于鉴别 PD 和 MSA-P,且 QSM 累积直方图上的 95%数值比 QSM 均值更有鉴别意义。另有研究对 29 例早期特发性帕金森病(IPD)患者及 20 例健康对照者行前瞻性高分辨率 QSM 成像直方图分

析发现,以 70bbp 作为阈值的诊断准确率明显高于平均磁化率值,从而提高早期 IPD 患者诊断的准确率。

对 21 例单侧肢体症状的 PD 患者行 CEST 成像发现图像的信号强度可以反映 PD 患者患侧与健侧多巴胺能神经元丢失的不同程度。相比于传统磁共振成像,CEST 成像的图像信号强度可以提供更多信息,并可能揭示了 PD 患者从临床前期到临床期的疾病进展过程中的多巴胺能神经元的丢失。

神经黑色素源自产生多巴胺的细胞,是一种顺磁性物质,神经色素敏感 MR 成像(neuromelanin magnetic resonance imaging, nmMRI)可以显示脑组织神经黑色素的浓度。对 44 例 PD 患者及 18 例健康志愿者进行神经黑色素敏感 MR 成像(2D 横轴面扫描 TSE T₁WI),研究发现无论是对所得图像的视觉评估还是手动勾画 ROI 进行体积分析对诊断帕金森病都有很高的准确率。对黑质致密部信号丢失的视觉评估的结果与手动测量体积分析的结果相似,都有很好的敏感性与特异性。

脑黑质纹状体多巴胺能神经元的缺失和多巴胺神经递质的耗竭是 PD 的病理基础,也是其临床症状产生的主要原因。对 36 例 PD 患者行神经色素成像、3D T₁ 磁共振成像,以及 DAT 单光子发射断层扫描成像。自动分割计算黑质致密部值(SNpc)和纹状体的 NM、DAT 值。研究发现使用 VBM 技术的多巴胺能神经成像,尤其是 DAT 成像,能定量并可重复性的评估 PD 相关的神经退行性改变的疾病进展。

脱髓鞘疾病

多发性硬化:随着糖尿病和高血压发病年龄日趋年轻化,缺铁性脱髓鞘疾病在年轻人中也越来越常见。缺铁性脱髓鞘疾病在 T₂WI 上多表现为高信号,与炎性脱髓鞘疾病如多发硬化表现相仿。但由于这两种疾病的临床治疗方案有很大不同,二者的鉴别诊断显得尤为重要。据报道,铁含量在多发性硬化(multiple sclerosis, MS)患者中显著升高,导致其在磁敏感成像上的磁敏感值增加。回顾性分析经临床证实的 32 例复发缓解型 MS 病人[男 9 例,女 23 例, (39.3 ± 10.9) 岁]和 20 例缺血性脱髓鞘疾病[男 5 例,女 15 例, (50.4 ± 8.6) 岁]。重建 QSM 图像, T₂WI 高信号为脱髓鞘疾病。在所有序列图像上均没有异常信号的脑白质被认为是正常脑白质(NWM)。将 MS 和缺血性脱髓鞘疾病的感兴趣区(ROI)半自动放置于 T₂WI 上。将 ROI 覆盖在 QSM 上,脱髓鞘疾病的磁敏感值以 NWM 作为参考来计算。对 598 个 MS 病灶和 326 个缺血性脱髓鞘病灶进行分析,发现 MS 的磁敏感值显著高于缺血性脱髓鞘疾病[(29.18 ± 19.94) ppb vs

(11.2 ± 8.72)ppb, $P < 0.001$]. 在 20 例缺血性脱髓鞘病人中, 15 例 (75%) 有脑微出血 (磁敏感值: $72.90 \sim 179.66$ ppb), 而在 32 例 MS 患者中, 仅有 2 例 (6.25%) 有脑微出血。由于异常铁沉积导致的 MS 病灶的磁敏感值显著升高, 对鉴别 MS 和缺血性脱髓鞘疾病具有重要价值。脑微出血的出现有助于缺血性脱髓鞘疾病的诊断。

对 21 例 MS 患者进行 2D QRAPMASTER 序列 MRI, 测量 R_1 、 R_2 和 PD 值。由 R_1 、 R_2 和 PD 能够得到部分髓鞘容积 (VMY) 和额外的实质水容积 (VEPW), 进而评估髓鞘和水肿。研究发现 VMY、VEPW、 R_1 、 R_2 和 PD 值在斑块和斑块周围白质中较正常白质的异常, 且 VMY 和 VEPW 相较于 R_1 、 R_2 和 PD 更加敏感。多参数定量 MRI 能检测到 MS 患者的脑白质损害情况。

T1 增强是显示 MS 活动期的标准成像序列, 但是存在钆对比剂沉积的担忧。回顾性分析了 250 例 MS 患者的 DWI 和 T1 增强图像。DWI 上显示的新发高信号及高信号范围扩大的征象对 MS 的诊断敏感度、符合率和阳性预测值均高于 ADC 值。连续 DWI 检查能够成为一种良好的非侵入检测 MS 活动性的检查手段。

根据 Fabry 病 (FD) 的临床症状和 MRI 表现能够与 MS 鉴别。回顾分析 56 例 FD 患者, 由 2 名影像专家判定 T₂ FLAIR 上胼胝体白质损伤的存在与否, 发现 FD 患者白质损伤很少累及胼胝体区, 且该特性独立于临床症状和白质的累及程度。因此对胼胝体进行评估可作为一个影像生物指标来对 FD 和 MS 进行鉴别诊断。

癫痫

局灶性皮质发育不良 (focal cortical dysplasia, FCD) 是难治性癫痫的首要原因之一, 其改变多较轻微而难以诊断。Maria 等利用 Freesurfer 基于脑表面形态学分析软件, 分析 FCD 的皮质厚度 (C-T)、灰白质对比度 (G-WM) 及脑沟深度 (S-D), 诊断率为 68.75% (11/16), C-T 是最敏感的参数。基于脑表面形态学分析软件可有助于放射学家发现 FCD 病灶, 增加诊断的信心。

对 6 名难治性癫痫患者同时进行 ¹⁸F-FDG PET/MRI 头部扫描, 在基于形态学的磁共振图像分析中发现 6 名患者中有 2 名患者的右侧/左侧大脑半球的杏仁核轻微肿胀。基于 PET/MR 融合图像的分析发现, 与单纯磁共振形态学分析相比, 前者的诊断效能明显增高 (2.8 vs 2.4)。此研究表明 ¹⁸F-FDG PET/MRI 融合扫描可能可以提高发现癫痫病灶的诊断效能。

颞叶内侧硬化 (mesial temporal sclerosis, MTS) 的海马体积缩小及信号改变不明显时, MRI 难以诊断。Matthew 等学者采用了一种新型图像后处理算法 (相关增强 LLC, matlab), 可选择性的增加异常海马的信号强度。分析发现, 异常海马信号的平均值 (Hmean)、最大值 (Hmax) 均明显增高而不影响正常灰质信号, 从而增加了异常海马信号改变的视觉敏感性, 有助于 MTS 的 MRI 诊断。

MELAS 综合征是一种以反复的卒中样发作及痫性发作而导致进行性颅脑损伤为特征的线粒体疾病。已在动脉壁中发现了异常的线粒体, 提示可能存在血管源性的病因。然而, 脑损伤并不局限于动脉供血范围, 更典型的是静脉缺血性损伤。计数皮层静脉 T₂-FLAIR 信号增高的数量, 根据此数量进行评分, 1 分代表皮层静脉 T₂ FLAIR 异常高信号数量少于 10 条, 2 分在 10~20 条之间, 3 分多于 20 条。分析结果显示, MELAS 患者与对照组之间中位静脉分数明显不同 (3 vs 1, $P < 0.001$)。在 MELAS 组, 静脉分数与颅内局限性病灶的有无有关。在 MELAS 综合征中, 静脉信号异常与颅内病灶严重程度有关。皮层静脉阻塞、充血及静脉缺血可能是 MELAS 综合征颅脑损伤的发生机制。

脊髓及周围神经影像

3D MR 脊髓成像可实现脑脊液结构可视化, 运用修正的 3D-MRCP 模型得到的 3D-MYUR (磁共振脊髓成像), 发展、优化了颅内脑脊液结构的可视性、诊断性评价的 3D 无创磁共振技术。应用高 T2 权重、高分辨率序列, 通过对软组织信号的抑制, 可得到优质的脑脊液结构信号。运用这个方法可以很好的观察脑脊液囊肿的定位、与脑脊液结构的关系以及脑脊液鼻漏的具体位置。3D-MYUR 有如此高的敏感性得益于薄层扫描和良好的组织与液体的对比。3D 脊髓优化成像法应用到脑脊液结构的成像上, 可评价脑脊液渗透性, 判断薄膜、分区、瘘的存在, 为神经外科医生在制定外科诊疗计划时提供更多的诊断信息。

对被试者进行颈椎 MRI 横轴面、矢状面和斜冠状面扫描, 检测到椎神经孔狭窄的敏感度和特异度分别为 47%/60%、57%/90%、55%/70%; 横轴面与矢状面联合应用, 敏感度则上升至 65%, 再加上斜冠状面后, 敏感度为 68%。斜冠状面图像提供了更加丰富的诊断信息, 因此增加了诊断神经病理变化的敏感性。

Jason 等通过对 51 例硬膜动静脉瘘 (SDAVFs) 患者的研究发现, T₂WI 上圆锥肿胀的敏感度为 100% (58.93%~100%), 特异度为 29.03% (14.25%~48.04%), 阳性似然比 (LR) 为 1.41 (1.13~1.76), 阴

性 LR 为 0。 T_1 WI 对比增强扫描诊断终丝静脉充血 (EFTV) 的敏感度为 61.54% (31.64%~86.00%), 特异度为 97.37% (86.14%~99.56%), 阳性似然比为 23.38 (3.22~169.57), 阴性似然比为 0.40 (0.20~0.79)。 T_2 WI 上, EFTV 的敏感度为 53.85% (25.22%~80.67%), 特异度为 100% (90.66%~100%), 阳性 LR 无穷大, 阴性 LR 为 0.46 (0.26~0.83)。因此, T_2 WI 上圆锥肿胀可以排除腰椎 SDAVFs, 而 T_1 WI 对比增强或者 T_2 WI 上的 EFTV 征则可以诊断腰椎 SDAVFs。这可以为脊髓血管造影进行合理的术前规划, 从而有效的缩短手术时间、减少并发症, 增加栓塞的成功率。

脑功能成像研究进展

1. 认知和执行功能

对非裔美国 II 型糖尿病 (T2D) 患者 ($n=395$), 采集解剖相和 RS-fMRI BOLD 数据。所有数据进行运动校正, 并使用 SPM 模板进行标准化。生成每个受试者的二进制邻接矩阵网络成本范围 (0.05~0.40), 随后计算图形理论指标 (小世界, 全局效率和局部效率)。使用 Stroop 试验评价所有受试者的执行功能。研究发现小世界和 Stroop 之间存在线性相关, Stroop 干扰为 0.05 ($P<0.05$), 较低的小世界伴随着更多的干扰。全局效率和局部效率与 Stroop 没有相关性。表明 T2D 对大脑连接性具有全局影响, 可能是关键认知的基础已知被这种毁灭性疾病破坏。

2. 精神疾病

精神障碍性疾病如焦虑症与重度抑郁症 (major depressive disorders, MDD) 在有创伤性颅脑损伤 (traumatic brain injury, TBI) 的军人中非常普遍。对轻度创伤性颅脑损伤军人脑微结构的改变及网络连接之间的关系进行分析, 发现神经环路的破坏, 特别是认知-情感通路的破坏, 如连接额叶皮层、枕叶皮层与边缘系统的扣带回, 在 MDD-TBI 共患病中起着重要作用。

儿科中枢神经系统影像研究进展

注意力缺陷/多动症 (ADHD) 是儿童及青少年常见的神经性障碍之一。对 ADHD 儿童和正常对照行磁共振三维 T_1 结构像扫描 (3D-T1BRAVO) 和三维动脉自旋标记 (3D-ASL) 成像, 采用基于体素的形态学分析方法 (voxel-based morphometry, VBM), 发现

ADHD 组在右侧小脑、左侧颞上回、左侧舌回、右侧丘脑和左侧楔叶处大脑灰质浓度明显低于正常对照组 ($P<0.001$); 获取 ASL-CBF 参量灌注图, ADHD 组在双侧尾状核头、双侧丘脑及左侧苍白球较正常对照组出现 CBF 升高 ($P<0.05$), 正常对照组右侧尾状核头、左侧尾状核头及右侧丘脑的 CBF 与年龄存在正相关性, R_2 分别为 0.4767 ($P<0.01$)、0.4671 ($P<0.01$)、0.299 ($P<0.05$), ADHD 组所有部位 CBF 与年龄无相关性。注意缺陷/多动障碍儿童不同脑区存在灰质体积减少, 同时纹状体和丘脑的灌注增多, 上述脑区的体积减少、灌注增多提示其所在高级认知神经回路功能障碍, 此外, 部分脑区 CBF 与年龄相关性提示了异常的发育进程, 有助于 ADHD 神经病理机制的进一步探索。

脑外伤

传统图像分析方法很难发现脑震荡后 (traumatic brain injury, TBI) 认知功能改变的结构基础。对 64 例轻度创伤性颅脑损伤患者进行 DTI 扫描, 应用基于传输的形态学 (transport-based morphometry) 分析法, 将其与 FA 图进行融合分析, 发现胼胝体、视束、皮质脊髓束、丘脑前辐射的改变与脑震荡后反应时间的下降有关。

对 13 例弥漫性轴索损伤 (diffuse axonal injury, DAI) 患者的 17 个 DAI 病灶进行神经突方向离散度与密度成像 (NODDI), 计算细胞内体积分数 (ICVF), 并与 FLAIR 和常规 DWI 对比分析。结果显示, 对于无出血的 DAI 病灶, ICVF 图比 FLAIR 及 DWI 图上异常信号面积大, 提示 ICVF 对 DAI 的病理改变更敏感; 另外, 对于有出血的 DAI 病灶, ICVF 图上异常信号的面积未见明显增大, 这可能与出血的磁敏感效应有关, 也可能与出血与未出血的 DAI 病灶的组织学差异有关。

对业余足球队员的头部撞击与 FA 值之间的关系进行了大样本的研究, 研究对象包括 192 名业余足球队员, 年龄 18~55 岁, 对其 1 年内累计头部撞击次数、撞击时的情况及队员的位置等进行收集, 所有研究对象均进行 3T 磁共振 DTI 扫描。分析结果显示, 11 个白质区域, 包括额叶、顶叶、枕叶及颞叶白质、扣带回、胼胝体等的 FA 值降低, 与头部撞击次数呈正相关, 提示足球运动员的头部撞击可能导致白质微结构的改变。