

RSNA2015 中枢神经系统影像学

刘城霞, 张佳旋, 张顺, 汤翔宇, 杨时琪, 陈小伟, 江晶晶, 赵旭, 李娟, 王剑, 张巨, 苏昌亮, 王振熊, 杨绍伟
翻译 朱文珍 审核

【摘要】 2015年RSNA会议报告中涌现出大量新技术和先进的数据分析方法。一方面,非高斯分布扩散成像、扩散峰度成像、酰胺质子转移成像、化学交换饱和转移、动脉自旋标记技术、动态磁敏感增强磁共振和静息态功能磁共振等技术继续占据研究前沿的主导地位;另一方面,一批新技术成为热门研究领域的有力工具,如二维局部关联波谱法、相位差异增强成像、锰离子增强磁共振。同时,一些成熟技术中出现的新模型和算法也形成亮点。自旋标记成像延伸出多次延迟伪连续动脉自旋标记技术、速率选择性动脉自旋标记、脉冲式动脉自旋标记等多种改进技术;静息态功能磁共振中引入多变量模式分析(MVPA)和贝叶斯分析;动态磁敏感增强磁共振中采用Patlak模型。

【关键词】 非高斯分布扩散成像;扩散峰度成像;酰胺质子转移成像;化学交换饱和转移;动脉自旋标记技术;动态磁敏感增强磁共振;静息态功能磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)01-0003-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.01.002

RSNA2015 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。

缺血性脑梗死的研究进展

ASPECTS评分是一种常用的快捷评估急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)的危重程度的方法,并常作为治疗方案选择的依据。尽管目前已有关于自动化使用该方法的优越性的报道,对于其计算梗死核心和缺血半暗带体积的潜在误差仍然不清楚。Bowen等使用非增强CT(non-contrast computed tomography, NCCT)和CT灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)评估ASPECTS在前循环AIS中的应用价值。NCCT-ASPECTS评分为8~10分的rCBF核心体积的平均值(标准差)分别是27(31.6)、11.2(17.8)、4.7(7.8, $P < 0.001$);而 $T_{max} > 6$ s的缺血半暗带体积分别是68.3(30.9)、56.4(55.4)、44.2(42.1, $P = 0.36$)。CBV-ASPECTS评分7~10分的rCBF核心体积平均值(标准差)分别是12.2(23)、5.1(9.4)、0(0)、0(0, $P = 0.004$); $T_{max} > 6$ s的缺血半暗带体积分别是42.2(28.7)、44.3(34.6)、17.1(26.7)、47.1(56.1, $P = 0.04$)。CBF-ASPECTS评分7~10分的rCBF核心体积及 $T_{max} > 6$ s的缺血半暗带体积分别是17.6(30.5)、5(10)、0(0)、3.2(4.5, $P = 0.05$)及40.4(20.8)、44.5(40)、17.1(26.7)、15.7(12.7, $P = 0.07$)。因此ASPECTS评分不适用于评估缺血半暗带,而将它用于评估梗死核心的指标也有待进一步研究。

AIS病例中NCCT与(computed tomography angiography and perfusion, CTAP)的对比与选择。Omar N. Kallas回顾性研究接受NCCT或CTAP的AIS病例,依据治疗方法(未接受治疗、静脉tPA治疗及血管介入)进行分层,再依据年龄、NIHSS评分、发病至就诊时间进行亚分层并进行统计分析。结果显示,接受静脉tPA治疗的患者,首次检查为CTAP者的mRS评分显著低于首次检查为NCCT者($P < 0.001$)。mRS评分的差异同样存在于年龄大于70岁、NIHSS评分大于5、发病至就诊

时间小于4.5h的亚组患者中。对于未接受治疗或仅接受血管介入治疗的患者,两种检查方法之间的差异无统计学意义。因此,对AIS患者应该采用个体化影像策略,并着重考虑患者年龄、NIHSS评分和发病到就诊时间等因素。

体素相关计量法(voxel-based morphometry, VBM)测量脑桥梗死后脑灰质体积的动态改变及与运动功能的恢复的相关性。对单侧脑桥梗死和健康对照进行MPRAGE MRI扫描,并对梗死患者进行5次随访(发病后3~7 d、2周、1个月、3个月及6个月),使用VBM法计算灰质体积的变化并使用Fugl-Meyer运动量表(Fugl-Meyer motor scale, FMMS)评估运动功能。结果显示,从梗死后7天~6个月,FMMS评分呈进行性增加($P < 0.05$)。在脑桥梗死组,壳核、苍白球、额回、颞回、下顶叶及枕回的灰质体积增加(多位于梗死区的对侧大脑),而额回、中央后回、楔前叶、尾状核的灰质体积减少。对照组不同时间点的灰质无明显变化。相较于3及6个月,梗死组同侧丘脑的体积在7天内有所增加。不同时间点的组间分析表明对侧的下顶叶灰质体积逐渐增加,而同侧的楔前叶灰质体积逐渐减少;在梗死组,对侧壳核及苍白球的灰质体积变化与FMMS评分的变化呈正相关($r = 0.287, P = 0.012$),而同侧中央后回的灰质体积变化与FMMS评分的变化呈负相关($r = -4.20, P = 0.000$)。脑梗死后灰质体积的变化揭示了运动功能恢复的机制。

AIS受累白质纤维束的DTI参数变化与神经功能恢复的相关性研究。对伴有运动功能损害的单侧脑梗塞患者(发病3 d内)进行MRI和DTI检查,并于治疗后1、2、3个月进行MRI复查。根据运动力指数(motricity index, MI)分为运动功能损害组与无运动功能损害组,对DTI参数及运动功能恢复情况的进行相关性分析。AIS患者发病时及发病后1、2、3个月的受累白质纤维束的rFA、rADC及梗死区域容积(infarction volume, IV)的差异均有显著统计学意义($F = 13.84, P = 0.00$; $F = 64.57, P = 0.00$; $F = 37.41, P = 0.00$)。发病时与发病1个月的rFA及发病时的rADC与NIHSS评分显著负相关($r = -0.59, t = -4.59, P = 0.00$; $r = -0.34, t = -2.27, P = 0.02$; $r = -0.44, t = -3.04, P = 0.00$)。发病1、2、3个月的rADC及

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:刘城霞(1984-),女,湖北武汉人,硕士,主治医师,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

IV 值均与 NIHSS 评分显著正相关 ($r=0.28, t=1.83, P=0.04; r=0.39, t=2.69, P=0.00; r=0.63, t=4.99, P=0.00; r=0.4, t=2.73, P=0.01; r=0.44, t=3.05, P=0.00; r=0.32, t=2.13, P=0.04$)。发病 3 个月的 rADC 值与随访一年的 32 例卒中患者的 MI 评分密切相关 ($t=2.75, P=0.01, AUC=0.905$)。因此发病 3 个月的 rADC 值可用来预测神经功能的预后。

脑出血的研究进展

迟发性脑缺血 (delayed cerebral ischemia, DCI) 是影响蛛网膜下腔出血 (subarachnoid Hemorrhage, SAH) 后功能恢复主要因素之一。Rubbett 等回顾性分析蛛网膜下腔出血患者的早期 CTP 成像。使用 Purpose-built 软件自动生成灌注参数图, 定义沿皮质 1 厘米宽的圆形 ROI 并对每个参数计算运行值平均超过 10° , 对平均通过时间 (mean transit time, MTT) 进行评价。灌注的关键变化定义为在一个半球平均 $MTT \geq 4.1$ s。通过 (receiver operator characteristic analysis, ROC) 分析, 评价具有最高敏感性和特异性的 MTT 截断值预测随访 CTP 成像中的灌注关键变化价值。结果显示最佳 MTT 截断值为 3.58 s。40.4% 病例在随访 CTP 成像中发现灌注的关键变化, 并且 ROC 分析敏感度为 67.2%, 特异度为 56.6%。因此认为蛛网膜下腔出血后早期的 CTP 成像 (<72 h) 可以在一定程度上预测随访 CTP 中脑灌注的关键变化。

非动脉瘤性蛛网膜下腔出血 (non-aneurysmal subarachnoid hemorrhage, NASAH) 占蛛网膜下腔出血病例的 15%, 位于中脑周围出血的 NASAH 患者 (perimesencephalic NASAH, PM-NASAH) 具有相对良性的临床过程。通过早期影像识别 PM-NASAH 患者可以避免多种常见血管造影的风险。Christopher A. Potter 等回顾性研究包括 252 例蛛网膜下腔出血患者: 48 h 内头部 CT 扫描未强化, 初始 DSA 阴性及 10 d 后随访 DSA。其中 131 例被确定为中脑周围出血。使用 MEDLINE 和电子数据库, 进行系统评价和 Meta 分析。结果在随访的 DSA 检查中未发现动脉瘤, 3 例动脉瘤纳入研究。3 例中有 2 例进行 DSA 检查。初始 DSA 为阴性者随后的 DSA 检查的诊断率是 0.7% (95% CI: 0% ~ 1.4%), 小于或等于 DSA 并发症的概率 (0.3% ~ 2.6%)。因此, 对 DSA 检查阴性的 PM-NASAH 患者可基本排除动脉瘤, 没有必要进行 DSA 复查。

评估颈椎磁共振成像在血管造影阴性的自发性蛛网膜下腔出血病例中的价值。Sadigh 等将急性自发性颅内蛛网膜下腔出血, 其血管造影结果阴性并进行了颈椎 MRI 的患者纳入研究。所有患者均行头颅 CT 平扫, 头颈部 CT 血管造影, 头颈 MRI 平扫, 对颈椎 MRI 的放射诊断报告进行回顾性分析。结果共 232 例患者符合纳入标准, 所有病例在确诊后 4 d 内进行血管造影, 19 d 内行颈椎 MRI。在所有的 232 例 (100%), 颈椎 MRI 检查呈阴性。此回顾性分析得出, 颈椎 MRI 成像在血管造影阴性的自发性蛛网膜下腔出血的患者, 特别是头颈部 CTA 呈阴性者, 没有诊断价值, 不是常规需要的。

利用多次延迟伪连续动脉自旋标记技术 (multidelay pseudocontinuous arterial spin labeling, MDpCASL) 评价动脉瘤性蛛网膜下腔出血 (aneurysmal subarachnoid hemorrhage, aSAH) 后发生的血管痉挛。Andre 等对 aSAH 后临床怀疑血

管痉挛的患者 (根据临床和/或经颅多普勒超声检查) 行 DSA 和 MDpCASL MRI 检查。MDpCASL 序列使用背景抑制、3D 梯度、自旋回波读出梯度和 4 个标记后延迟时间 ($=1.5/2/2.5/3$ s)。对比分析 DSA 和 ASL 图像。DSA 和 ASL 图像结果汇总到每个患者 5 支颅内大血管并进行比较。使用多元逻辑回归对每名患者的 DSA 与 ASL 图像进行重复测量分析。结果显示, ASL 显示的灌注损害与 DSA 上显示的血管痉挛呈显著 ($P=0.002$) 相关。有 31% ASL 检测到灌注缺损而 DSA 上没有显著的血管痉挛 (\geq 显著 50%)。在行 DSA 之前行 ASL 检查改变了 60% 病例的治疗决策。因此他们提出, 行 DSA 检查前从 MDpCASL 得到的灌注信息可以减少患者不必要的 DSA 检查并且优化治疗方案。

脑肿瘤的研究进展

动态磁敏感增强 (dynamic contrast-enhanced, DCE) 全脑高清 MRI 在脑肿瘤中的应用。Nayak 等采用新的稀疏采集和约束重建法进行全脑 DCE-MRI (覆盖范围 22 mm \times 22 mm \times 20 mm, 空间分辨率 0.9 mm \times 0.9 mm \times 1.9 mm), 并与常规 MRI 进行对比。测量两组图像的 PK 参数 (K_{trans}, V_p) 和图像质量评分来评估解剖图像和 PK 图。实验序列较常规序列的时间分辨率、对比增强、 K_{trans} 图的图像质量评分 (4 point Likert scale) 更高, 差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。高分辨率全脑 DCE-MRI 方法是临床可行的, 与常规扫描法相比, 能够将分辨率和覆盖率提高 36 倍。

术前应用 DCE-MRI 预测组织因子 (tissue factor, TF) 的表达。Xie 等对幕上胶质瘤患者行 DCE-MRI 检查, 并将病理标本进行免疫组化 (TF, CD105, CD34 和 α -SMA 染色) 分析。免疫组化得到 4 个微血管指数, 包括微血管密度 (microvascular density, MVD)、微血管面积 (microvascular area, MVA) 和毛细血管增殖指数 (proliferating capillary index, PCI), 毛细血管细胞周围覆盖指数 (microvessel pericyte coverage index, MPI)。将 DCE-MRI 所得数据 ($K_{trans}, K_{ep}, V_e, V_p$) 与微血管指数进行 Pearson 相关分析。结果表明, TF 与胶质瘤分级相关, 与 PCI 和 MPI 显著相关 ($r=0.798, P < 0.01; r=0.835, P < 0.001$)。 K_{trans} 热点值与 TF 相关性最强 ($r=0.886, P < 0.001$)。此外, K_{trans} 的直方图分析显示, TF 弱表达与不均匀减少和正偏斜分布相关。TF 与多个肿瘤组织微血管指数相关提示其与肿瘤的恶性程度相关。 K_{trans} 参数能准确评估胶质瘤患者的 TF 的表达。

7.0T 磁共振二维局部关联波谱法 (two-dimensional localized correlated spectroscopy, 2D L-COSY) 检测伴异柠檬酸脱氢酶 (isocitrate dehydrogenase, IDH) 变异的胶质瘤中的 2-羟戊二酸 (2-hydroxyglutarate, 2HG)。已有的研究显示少突胶质细胞瘤、星形细胞瘤和继发性胶质母细胞瘤中 IDH1、IDH2 基因变异与预后相关。既往的磁共振波谱已经提示肿瘤代谢物可能是突变型胶质瘤的一种潜在的生物标记物。对 3T MRI 扫描诊断的 7 种胶质瘤患者, 用 32 通道头部线圈, 在 7T 全身扫描仪上使用二维局部关联波谱法扫描。研究发现, 2D L-COSY 测得胶质瘤中有 2 个 2HG 峰, 部分病例经基因检测证实有 IDH1 变异。此外, 2D L-COSY 还能从背景脂肪信号中分离其它含胆碱的代谢物, 如胆碱磷酸、甘油磷酸胆碱以及乳酸。2D L-COSY

能用 7-TMRI 在体内测量 2HG,其可能为脑肿瘤中恶性进展的一个生物标记。

化学位移成像(chemical shift imaging, CSI)检测胶质瘤中 2HG 的表达。Verma 等对 5 例脑肿瘤患者行 CSI 成像,其中 3 例检出 2HG 峰。术后经病理证实,该 3 例脑肿瘤为低级别胶质瘤(WHO II 级)2 例和高级别胶质瘤(WHO III 级)1 例,并且 3 例均有 IDH 变异。另 2 例没有 2HG 峰值(1 例 WHO IV 级胶质瘤和 1 例转移瘤患者),经证实无 IDH 变异。CSI 成功检测 2HG,与先前的研究一致。该研究进一步肯定 2HG 可作为恶性转化的一种标记物,提示 2HG 阳性的低级别胶质瘤患者,是 IDH 变异的靶向治疗最理想的候选者。

酰胺质子转移加权(amide proton transfer-weighted, APTW)成像和磁化率转移(magnetization transfer, MT)成像鉴别原发性中枢神经系统淋巴瘤(primary CNS lymphomas, PCNSLs)和高级别胶质瘤(high grade gliomas, HGGs)以及比较其细胞核浆比(nuclear-cytoplasm ratio, N/C ratios)。对 PCNSL 和 HGG 患者进行 ± 6 ppm 范围的 MT 波谱和 15.6 ppm (2 kHz)的常规 MT 扫描分析。结果显示,APTW 图像上 PCNSLs 较 HGGs 呈均匀的高信号。单个 PCNSLs 病灶的最大 APTW 信号和 APTW 不均一性(定义为 $APTW_{\max} - APTW_{\min} = APTW_{\max} - APTW_{\min}$)较 HGGs 病灶低,而 MTR 信号则相反。APTW_{max-min}鉴别 PCNSLs 与 HGGs 具有最大 ROC(0.963)和准确率(94.1%)。PCNSLs 的 N/C 比率较 HGGs 明显更高(分别为 1.69 ± 0.72 , 0.55 ± 0.21 , $P < 0.01$),与 APTW 和 MTR 测量值一致。APTW_{max}与 N/C 比率无明显相关性($R = 0.576$, $P < 0.01$)。基于蛋白的 APTW 信号可成为术前评估 PCNSLs 和 HGGs 的有效 MRI 生物标记物。

磁共振多参数分析用于无创性分析胶质母细胞瘤中表皮生长因子受体变异体 III(epidermal growth factor receptor variant III, EGFRv III)的表达。EGFRv III 是目前治疗胶质母细胞瘤的临床实验的药物靶标。但是基于组织的 EGFRv III 基因检测价格昂贵而不易广泛使用。结合胶质母细胞瘤术前 MR 图像的多个参数值(包括 T_1 , T_1 -Gad, T_2 , T_2 -FLAIR, rCBV, DTI 和 DSC),提取适当的成像特征用于建立基于支持向量机的 EGFRv III 突变的综合预测模型,并与常规基因检测的 EGFRv III 突变结果对比。预测模型的输出的值是 1 和 1 之间,值接近 1 显示更高的突变概率,值接近 -1 则相反。通过改变模型的输出值的范围的阈值计算受试者操作特征(ROC)曲线。该方法预测 EGFRv III 突变的准确性和 AUC 分别为 83% 和 0.82。因此,多参数 MRI 数据的计算机分析可以反映胶质母细胞瘤中 EGFRv III 突变特征。

MRI 检测胶质瘤的电导率特征和其在胶质瘤评估中潜在的应用。在 CT、MRI 应用以前,已有关于使用电导率识别肿瘤部位和性质的研究报道。近期的磁共振技术进展将电导率应用于无创性检测胶质瘤再度进入研究领域。Tha 等研究无创性磁共振电导测量在胶质瘤中的特征及应用价值。结果显示,在 II 级和 III 级胶质瘤中,肿瘤的 MR 强化部分的平均电导率比肿瘤的无强化部分、正常脑实质高($P < 0.017$)。IV 级胶质瘤的两种成分的平均电导率直方图均较 III 级胶质瘤高($P < 0.017$)。磁共振测量胶质瘤的电导率有望用于胶质瘤的术前评估。

原发性胶质母细胞瘤(primary glioblastoma, pGB)的症状

性癫痫发作可作为一项预后因子:肿瘤诱发的癫痫发作是 pGB 患者的常见症状之一,并可能是无进展生存和长期预后的一个有效预测因子。Keil 等回顾性分析 pGB 病例的临床及影像资料,包括性别、年龄、无进展生存期、长期预后、基因分析(TERT 变异/rs2853669 多态性, MGMT 启动子状态)和肿瘤部位、双侧性、多灶性、中线偏移。结果提示,有症状性癫痫的 pGB 病例的肿瘤总体积较小,且肿块多发生于脑室下而非海马区。pGB 病例中有症状性癫痫的病例的总生存期和无进展生存期更长(分别为 13.3 和 8.3 个月),而与所测的基因标志物无相关性。

神经变性与退变疾病的研究进展

1. 阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)

家族性阿尔茨海默病(familial Alzheimer's disease, FAD)为常染色体显性遗传病,对 FAD 的研究可能为深入探索淀粉样变对 AD 发病时间和突触连接失败的机制提供帮助。Prescott 等对 FAD 突变基因携带者进行研究,评估结构连接、功能连接与淀粉样蛋白含量之间的关系。结果表明,结构连接与功能连接之间显著相关,若结构连接整体效率减低,则功能连接的时间序列相关性下降。并且 FAD 突变基因携带者的功能连接与结构连接随年龄增长显著降低。这些结果表明,结构连接一功能连接的破坏可能为亚临床期的 AD 患者的早期标志。

脑铁沉积在神经变性的病理生理过程中发挥着关键作用。AD 患者皮层及基底节区铁离子浓度升高,可能催化脂质过氧化过程,损伤细胞膜,导致细胞死亡。Maccarone 等用磁共振 R_2^* 定量成像和 ASL 测量轻度 AD 患者中血管损伤程度与脑灌注之间的关系。研究表明,与对照组相比,轻度 AD 患者的 R_2^* 与右侧额叶白质血管损伤程度及 MMSE 评分显著相关;CBF 改变与 MMSE 关系不明显,而与左外侧眶额皮层的血管损伤显著相关。另外,轻度 AD 患者双侧尾状核的 CBF 明显下降。由此可见,轻度 AD 患者的铁浓度与血管损伤程度呈正相关,与 CBF 负相关,可用于评价 AD 的进展情况。

现有的研究对 AD 的神经网络破坏模式仍知之甚少。Zeng 等运用静息态对 AD 患者进行了跟踪研究。所有 AD 患者在观察期(16.8 \pm 11.33 月)进行两次静息态 fMRI 扫描(AD-1、AD-2)后分析发现,对节点 EF 来说,AD-1 中左下顶叶、右侧角回、左侧直回及 AD-2 中右上眶额叶、右侧辅助运动区、双侧直回与 MMSE 评分呈正相关。对节点 BC 来说,AD-1 中右内侧眶额叶与 MMSE 评分呈正相关,右楔前叶与之呈负相关;AD-2 中双侧辅助运动区、右内侧眶额叶与之呈正相关。上述节点的改变提示 AD 患者的功能连接可能存在动态损伤。

2. 帕金森病(Parkinson's disease, PD)

基于体素的定量磁敏感成像和神经黑色素成像评价帕金森病。Takahashi 等应用磁敏感成像(quantitative susceptibility mapping, QSM),神经黑色素(neuromelanin imaging, NMI)成像,以基于 ROI 的自动图像分隔技术和基于体素的形态测定技术评估帕金森病(PD)黑质致密部的铁沉积。结果发现,对于黑质致密部的平均 QSM 值,PD 与正常对照组没有显著差异,但比较最高的 5% QSM 值时,PD 组平均值显著高于对照组($P < 0.05$)。PD 组中高信噪比的 NM 区域较对照组明显减少。因此提出,基于体素分析的自动分割系统评价黑质致密部结构和功能的变化可以为 PD 的诊断提供有用的临床信息。

药物诱发的帕金森综合征 (drug-induced parkinsonism, DIP) 与自发性帕金森病 (idiopathic Parkinson's disease, IPD) 在临床上不易区分, 多巴胺转运体成像可能有助于此但是价格昂贵且有放射性因而临床应用较少。Jung 等尝试应用磁共振黑质体 1 成像技术区分 DIP 与 IPD。结果显示, 黑质体 1 MRI 成像检测 IPD 的灵敏度、特异性、准确度分别为 100%、83.3% 和 93.6%, 阳性预测值及阴性预测值分别为 90.6%、100%; 检测 DIP 的灵敏度、特异性、准确度分别 100%、85% 和 93.9%; 阳性预测值及阴性预测值分别为 90.6% 和 100%。因此, 黑质体成像有助于鉴别 DIP 和 IPD 患者。

化学交换饱和和转移黑质成像评估帕金森病的进展。Li 等应用化学交换饱和和转移 (chemical exchange saturation transfer, CEST) 成像评估帕金森病患者黑质及与临床进展的关系。采用 MTR_{asym} (3.5 ppm) 和 MTR_{total} (0~4 ppm 间总 MTR_{asym}) 为统计参数, 并使用 (Hoehn and Yahr, HandY) 评分量表和 (unified Parkinson's disease rating scale, UPDRS) 评分量表评估 PD 患者临床严重程度。结果, 与正常对照组相比, 各个时期 PD 患者黑质的 MTR_{asym} (3.5 ppm) 和 MTR_{total} 值显著降低, 并且降低幅度与评分量表、病程显著相关。CEST 成像可为常规磁共振成像提供有价值的信息并用来评估 PD 进展。

3. 多发性硬化 (multiple sclerosis, MS)

MS 可累及脑灰质和白质, 但互相之间的相关性差。这可能是由于疾病病理基础的异质性, 复发-缓解型多发硬化 (relapsing-remitting multiple sclerosis, RRMS) 以白质脱髓鞘性炎症为主, 而继发进展型多发硬化 (secondary progressive multiple sclerosis, SPMS) 以灰质神经变性为主。Moccia 等回顾近 10 年的纵向研究, 计算 RRMS 患者脑灰白质比例、记录扩展残疾状况评分 (expanded disability status scale, EDSS) 4.0 达标情况及 SPMS 转变例数。结果发现与 EDSS 4.0 未达标者相比, EDSS 4.0 达标者的灰/白质比减低。SPMS 转变者灰/白质比降低达 90%。因此认为, 脑灰/白质比可预测 RRMS 致残进展和 SPMS 转变, 提示可以早期鉴别 MS。

多发硬化的早期病程是高度动态变化和高度病理异质性的, 常规 MRI 难以描绘其病理改变。Zhang 等应用量化磁敏感图和 R_2^* 来观察 MS 病例中髓鞘快速变化和病灶内铁沉积。结果发现呈结节样、壳样和不强化的病灶, 其磁敏感性逐渐增加, 而 R_2^* 值的差异也有统计学意义。总体表现为: 急性期病灶 QSM 无改变但 R_2^* 快速减低, 亚急性期 QSM 快速减低且 R_2^* 进一步减低, 慢性早期病灶 QSM 和 R_2^* 值都增加。急性期 MS 钆剂增强只能反映血脑屏障破坏, 不能反应病灶内的异质性。QSM 和 R_2^* 可用于鉴别处于不同时期的 MS 病灶。G-氨基丁酸 (gamma-aminobutyric acid, GABA) 是中枢主要的抑制性神经递质。已有研究证实在 MS 动物模型中存在 GABA 神经传输障碍。Gao 等使用基于 MEGA-PRESS 序列的改良 MRS, 检测 RRMS 患者和正常对照者中脑 GABA 浓度。结果 RRMS 患者后扣带回、左前额叶背外侧、左海马的 GABA 浓度显著低于正常对照。因此认为 MS 患者中枢神经系统存在 GABA 能神经传输障碍, 提示可用于潜在的治疗靶点。

脑血管疾病的研究进展

磁共振 3D T_1 黑血技术可进行多平面重建, 具有较高的分

辨率, 可用于回顾性分析血管解剖结构。Inoue 等比较 3D T_1 -W TFE (turbo field-echo) 与 T_1 -W TSE (3D turbo spin-echo) 序列在显示颈动脉狭窄患者的斑块形态、与周围肌肉的信号对比。通过肉眼及定量分析发现, 斑块与管腔的边界在 3D T_1 -W TSE 技术较 3D T_1 -W TFE 效果更好 ($P < 0.01$, respectively)。3D T_1 -W TFE MRI 偶尔出现血流信号抑制, 导致与斑块信号相同时不易区分二者。3D T_1 -W TFE 与周围肌肉的信号强度比值较 3D T_1 -W TSE MRI 高 ($P < 0.05$)。这些结果表明, 3D T_1 -W TSE MRI 技术在描述斑块形态优于 3D T_1 -W TFE MRI。然而, 3D T_1 -W TSE MRI 中高信号的斑块提示斑块内出血, 效果低于 3D T_1 -W TSE MRI。

伴有认知障碍的皮层下血管性疾病患者的胼胝体 DTI 研究。Lin 等采用基于图谱的 DTI 来分析皮层下血管性疾病患者 (subcortical ischemic vascular disease, SIVD) 的胼胝体微结构改变与认知功能异常之间的联系。SIVD 患者分为血管性认知障碍非痴呆组 (vascular cognitive impairment no dementia, VCIND) 和正常认知障碍组 (normal cognition, NC), 所有病例行 DTI 扫描及神经心理评估。结果显示与 NC 相比, VCIND 中在胼胝体的膝部、体部、压部、左右侧被盖的 FA 明显减低、MD 明显增高。MoCA 评分与 DTI 测量值在所有的胼胝体的亚区均有统计学意义。在胼胝体体部区分 VCIND 和 NC 的敏感度和特异度分别为 FA (77.27%、89.29%)、MD (95.45%、64.29%)。最理想的阈值分别为 0.421 和 1.038。据此得出, SIVD 患者的胼胝体损害同时伴有认知功能的障碍, 这种损害与认知障碍相关。胼胝体 DTI 测量可以反映 SIVD 患者的认知障碍程度, 可以作为早期诊断及预后判断的生物学标志物。

社区人群亚临床心功能紊乱与亚临床颅脑疾病之间的关系。前瞻性的测量社区人群的血清 B 型氨基端利钠肽原 (N-terminal proatriuretic peptide, NT-proBNP) 水平, 并对所有人均行 1.5T MRI 扫描, 得到全脑结构、局灶性病变 (腔梗、白质病变、脑微出血) 的影像特征。采用多变量线性回归模型来研究 NT-proBNP 水平与亚临床颅脑疾病影响特征之间的关系。结果显示高水平的 NT-proBNP 与总脑体积缩小相关, 且以灰质体积缩小为主。高水平的 NT-proBNP 与白质的 FA 减低、MD 升高相关。在社区患者中, 血清 NT-proBNP 水平反应亚临床心脏疾病与亚临床颅脑疾病的全脑及微结构影像特征有相关性。

儿科疾病的研究进展

Scarciolla 等采用 DTI 的 ADC 和 FA 评估中重度新生儿缺氧缺血性脑病 HIE 患儿全身低温治疗的效果。结果发现, 所有接受低温治疗的患儿的基底节及丘脑的 FA 值降低, 但比未接受治疗患儿的 FA 值高; 其 ADC 值在基底节区和所有白质纤维中要高于未治疗患儿。6 个月后复查时, 治疗患儿的 FA 和 ADC 值与正常对照接近。与常规 MRI 比较, DTI 相关指标反应脑部微观结构的不同方面, 它们可以提供更准确的方法来诊断和随访因患 HIE 导致脑发育迟缓的新生儿。

Bolar 等探讨速率选择性动脉自旋标记 (velocity-selective arterial spin labeling, VS-ASL) 与脉冲式动脉自旋标记 (pulsed arterial spin labeling, PASL) 在测量烟雾病的 CBF 方面的优劣。结果显示 PASL 图像出现大片灌注缺损和大血管血流

动伪影,提示 PASL 易受局部动脉血流延迟(arterial transit delays, ATD)影响产生灌注缺损而被误认为局部缺血。而 VS-ASL 的 CBF 图和脑灌注信息更精确。中风、颈动脉狭窄和烟雾病患者因大动脉狭窄和继发侧支循环建立导致动脉血流延迟,在这类疾病中 VS-ASL 评估的血流灌注的应用价值更大。

缺血性梗死是镰状细胞病(sickle cell disease, SCD)的严重并发症之一。尽管 SCD 患儿脑血流量会代偿性升高,但当供氧量不能满足脑组织代谢需求时就会发生缺血性脑梗塞。脑组织氧代谢率(cerebral metabolic rate of O_2 , $CMRO_2$)可作为 SCD 中缺血性梗塞的潜在预测因子。Paula L. Croal 等联合 MRI 扫描的氧摄取分数(oxygen extraction fraction, OEF)和 CBF 无创性测量 SCD 患儿的 $CMRO_2$ 。依据 Fick's 原理, $CMRO_2$ 由 OEF、CBF 和动脉氧含量计算得出,其中 OEF 为动静脉氧饱和度的差值。结果显示,SCD 患儿灰质 CBF 值升高而动脉氧含量和 OEF 明显减少,导致 $CMRO_2$ 明显降低。而 $CMRO_2$ 可作为 SCD 患儿的缺血性风险无创性预测指标。

已有的研究显示注意力缺陷多动症(attention-deficit/hyperactivity disorder, ADHD)患儿的大脑存在结构和功能缺陷。Liu 等研究脑皮质厚度测量在未接受药物治疗的 ADHD 男性患儿中的特点及诊断价值。试验采用 SPGR 序列扫描,以基于支持向量机(support vector machine, SVM)的 PROBID 软件处理测量数据。结果显示,ADHD 的男性患儿在双侧眶额叶、脑岛、舌叶、右侧扣带回前后部、前额部、颞叶和顶叶皮层的皮质层厚明显减少;左侧皮质层厚在诊断方面有明显的重要性(敏感度、特异度、符合率分别为 80%、85% 和 82.5%, AUC 为 0.841),两侧大脑半球皮质厚度联合预测的效果不如单独左侧皮质层。皮质厚度差异在诊断未接受药物治疗的 ADHD 患儿中效果较好,以左侧大脑半球皮质厚度最有价值,显示了 ADHD 疾病在神经病理学上的偏侧性优势。

由于幼儿脑体积小、图像质量欠佳,DKI 在儿科中的应用正趋于停滞。Koshiba 等研究在健康儿童志愿者的 DKI 定量分析中,是否能得出前人报道的年龄相关的线性回归趋势,以此验证 DKI 在儿科中的应用前景。以 DKI 值为纵坐标,年龄为横坐标建立数据坐标图。在左右大脑半球的坐标图中,均存在显著的 DKI 值随年龄增加而逐渐上升的趋势,但在小脑及眼球中不存在此趋势。初步认定大脑半球 DKI 定量分析是一种简单实用的研究神经发育的方法,并可应用于非镇静下的小儿神经系统的低分辨率 MRI 研究。

Paldino 等对一组癫痫患儿的静息态 fMRI 脑网络数据进行重复性检测。所有的癫痫患儿在同一台 3T 磁共振上接受两次相同序列扫描。对每一个脑网络连接进行相关性检验,以相关系数高于阈值 0.7 为达标。同时计算模块、矩阵、传递性及聚集效率,通路长度、小网络和整体效率。结果发现,两次测量的所有参数间没有显著差异。模块、传递性和聚集性的 ICC 值均高于阈值。通路长度、小网络和整体效率的 ICC 在阈值范围内成窄幅尖峰分布。模块、通路长度和小网络是最可重复测量的指标。上述结果说明对癫痫患儿脑部网络体系结构量化指标具有良好重复性。

癫痫的研究进展

传统的皮层脑电极(electrocorticography, ECoG)常在 CT

和 MR 图像上产生严重伪影。Ahmadi 等研发了一种由电导型纳米材料和生物降解聚酯纤维膜经沉积法制得的新型电极。他们在动物试验中证实,与传统的皮层脑电极相比,这种新型电极在保证同等电刺激效果的同时,在 CT 和 MR 上产生的伪影更少、图像质量更佳。另外,与传统的铂电极相比,该新型电极在磁共振扫描中的热效应更小。

不典型语言障碍是左侧颞叶癫痫(left hemispheric temporal lobe epilepsy, LTLE)的常见症状之一。Kasprian 等通过 fMRI 研究 LTLE 患者的语言网络的变化及其与语言功能的关系。结果发现,无病灶的 LTLE 患者和海马硬化患者的两侧大脑半球间的网络连接明显增强,同时 Broca 区的点连接增强。因此他们推断,LTLE 患者的语言网络发生了广泛的变化。两侧大脑半球间的网络连接明显增强可能与左颞叶结构改变和(或)癫痫发作相关的语言功能网络重构有关。

Gillmann 等利用超高场 DTI 对颞叶内侧癫痫患者的海马进行多参数扫描分析,对所有患者采集和计算锥状细胞层(pyramidal cell layer, PCL)容积、 T_1 值、 T_2 值和 T_2^* 值,并与病理结果做对照。结果发现,海马硬化患者的 PCL 容积显著缩小。 T_1 值是评估海马硬化的最佳参数,其次是 T_2 值和 PCL 容积。其中, T_1 值低于 750ms 时海马硬化的概率超过 90%。他们认为,该方法可用于术前诊断海马硬化,为海马切除提供临床指导。

老年及神经退行性疾病

既往的研究提示脑白质微结构与人类认知行为有关。Cremers 等应用磁共振扩散技术研究脑白质纤维束的微结构与脑功能的关系。结果发现,除了脑干,所有的白质纤维束中,特异性的白质微结构束减少与全脑的认知功能下降相关。联络纤维与胼胝体纤维 FA 值的下降及投射纤维和联络纤维 MD 值的升高均与认知功能的下降明显相关。白质微结构的退变与信息处理速度、执行功能和运行速度有关,而与记忆力没有显著相关性。

相位差异增强成像(phase difference enhanced imaging, PADRE)是一项能选择性的突显目标区域与周围区域间的相位差异的新技术。Kumamoto 等运用 PADRE 研究阿尔茨海默症(Alzheimer's disease, AD)中淀粉相关性改变。结果发现除了额上回,AD 患者的所有大脑皮层的平均分级(定义大脑皮层信号分为 0~4 级)均明显高于正常对照组,并且这些区域的平均强化率要高于正常对照组。因此,他们认为 PADRE 在大脑皮层上的信号差异可能有助于 AD 的诊断。

DTI 在肌萎缩侧索硬化、原发性侧索硬化和 Mimic 综合症患者皮质脊髓束的研究。Elizabeth 等采用 DTI 技术测量了肌萎缩侧索硬化患者、原发性侧索硬化患者和 Mimic 综合症患者皮质脊髓束通路上的脑桥、大脑脚和椎体束的 FA 值及 ADC 值。结果发现肌萎缩侧索硬化患者、原发性侧索硬化患者皮质脊髓束的 FA 值较其它可疑上运动神经元病变患者明显下降,而 MD 值较其它诊断组明显升高。因此,认为 DTI 可以用来鉴别 ALS 和 PLS 患者与其它运动功能异常的神经疾病患者。

认知与心理疾病

强迫性障碍(obsessive-compulsive disorder, OCD)是最常

见的致残性精神疾病之一。尽管已有 MRI 研究揭示 OCD 皮层折叠模式异常(如皮层厚度、表面脑区),但存在的挑战是如何转化应用到临床。多变量模式分析(multivariate pattern analysis, MVPA)方法是一种很有前景的分析技术,能进行个体观察的分类分组,而且在未来能有个体化判别的优势。使用 MVPA 中的一种方法,即支持向量机(support vector machine, SVM)来鉴别 OCD 与正常对照的基于脑灰质解剖的多维表面特征。结果显示,结合左右形态测量参数, SVM 的分类具有较好的精确性、敏感性、特异性。皮层厚度有最高的 OCD 预测精确度(精确度 = 75.76%, $P < 0.001$),对于检测 OCD 有潜在诊断价值。

Mazaheri 等用贝叶斯分析建立自动化和可信的静息态磁共振数据处理平台,并进一步验证软件用于鉴别自闭症(autism spectrum disorder, ASD)的可行性。通过图像预处理、变量选择、贝叶斯分析、模型集成 4 个步骤,基于每个图谱种子区,生成功能连接图。然后,对功能连接图和分组变量用贝叶斯网络数据挖掘方法处理。最后,算法整合所有有显著性的连接模式,执行最终分类。算法在自闭症志愿者和对照数据中进行验证。结果得出,用 90 个脑区的 AAL 图谱结构作为种子脑区,发现 26 个连接模式、14 个种子区。预测自闭症的精确度范围为 71%~78%,其中 6 个种子区在额叶。如果使用所有连接模式,预测的精确度更高(90.5%)。检测到的神经回路与临床指标相关,反映了自闭症受累脑区的已知的解剖分布。

重度抑郁症(major depressive disorder, MDD)脑静息态活动异常的基于体素的 Meta 分析。已有研究提示 MDD 存在静息态脑功能活动异常,但证据不足。对 MDD 使用 Meta 分析来研究低频振幅(low-frequency fluctuation, ALFF)、比率 ALFF(fractional ALFF, fALFF),以探索 MDD 神经异常模式。通过系统检索 MDD 的 ALFF、fALFF 研究,并使用基于 AES-SDM 方法的 Meta 分析,结果总共 8 个 ALFF 和 4 个 fALFF 研究纳入标准。MDD 的 ALFF、fALFF 研究荟萃显示双侧前扣带回、前额叶内侧、左岛叶的活动增加,右颞上回活动减低,提示 MDD 病程和严重性分别与左前扣带回、右颞上回内侧正相关。Meta 分析揭示 MDD 神经异常模式,主要是涉及认知、情感处理、自我参照处理脑区。

神经急诊与外伤

Devulapalli 等对 90 例轻型颅脑损伤患者中的位于大脑镰或小脑幕的单发硬膜下小血肿的动态追踪观察,发现在 8.4 h 的平均随访时间内,凝血功能正常患者的血肿逐渐变小,仅 3 个患者血肿稍增大,所有病例均未发现新的颅内出血。3 例血肿增大的患者中,两例处于抗凝状态(平均 INR = 3.8),另一例血小板计数偏低。因此,对位于大脑镰或小脑幕的单发硬膜下血肿患者,如果凝血功能正常,则没必要进行重复颅脑 CT 扫描。

近期研究发现,首次 CT(initial CT, iCT)检查中,脑室内出血(intraventricular hemorrhage, IVH)提示胼胝体或大脑干的弥漫性轴索损伤(diffusive axon injury, DAI)。Mbemba 提出 iCT 的中线蛛网膜下腔出血是 DAI 的标志,特别是严重的 DAI。他们对不同部位 DAI 病例的 iCT 图像进行回顾性分析,着重评估基底池、中线偏移、硬膜外血肿、IVH、SAH、出血量大小以及 SAH 部位(大脑皮层、大脑外侧裂、大脑侧沟、小脑小

叶、纵裂以及中脑周围池)。结果显示, iCT 中发现的 IVH 和 SAH 分别与 DAI 有关(两者 $P < 0.05$)。对不同部位的 SAH, 大脑半球和中脑池的 SAH 是 DAI 的独立预测因素(两者 $P < 0.05$)。因此,可减少对 DAI 病例进行不必要的重复 MRI 检查。

Devulapalli 通过回顾分析 216 例接受抗凝或抗血小板治疗的轻型颅脑损伤患者的 CT 及临床资料,仅发现 2 例迟发性颅内出血。这 2 例病例在入院时均接受平均剂量 2.5 INR 的香豆素抗凝治疗,后期通过治疗及观察未出现不良反应。因此认为,接受抗凝或抗血小板治疗的轻型颅脑损伤患者中,迟发性颅内出血的发生率是非常小的($< 1\%$),没有必要进行重复颅脑 CT 检查。

脑震荡中 FA 值显著降低预示认知结局不良。有研究表明径向扩散系数(radical diffusion, RD),可能在很大程度上左右着 FA 的变化,反映出更严重的轴索横贯性病理异常如离断。基于此 Sara B. Rosenbaum 等研究轻度创伤性脑损伤(mild traumatic brain injury, mTBI)患者 RD 异常区域和远期认知功能之间的关系。通过对比非复杂性 mTBI 及健康对照组的 3T DTI 检查及认知测试,评估来确定白质束的体素是否表现出异常高的 RD,着重评估左额叶、右额叶,左颞、右颞和胼胝体的 RD 值是否异常升高。结果显示出现左右颞叶异常高 RD 值的受试者在脑震荡后一年执行功能测试任务时表现更差。受试者认知功能在额叶及胼胝体 RD 值高或低的受试者之间无明显差异。因此他们认为非复杂性脑震荡后两周颞叶异常高 RD 值与一年后更差的执行功能显著相关。RD 升高可能反映了更严重的早期轴索或髓鞘异常,预示了 mTBI 患者中持续性的功能缺陷,可能为 mTBI 患者提供早期影像学生物指标,用以指导患者管理并给治疗试验提供信息。

锰离子增强磁共振(manganese-enhanced MRI, MEMRI)是一种分子影像学方法,近年来被越来越多地应用于研究视神经传导通路、视网膜、视皮质及视觉功能等。Jun Yang JR 等用锰离子增强磁共振追踪定量评价视神经粉碎大鼠模型。在不同时间点统计视网膜及视神经的强化信噪比,视网膜神经节细胞计数并进行组间比较。结果显示对照组中,视网膜对侧上丘完整的视觉途径均被强化。视神经粉碎组于伤后不同时间点(伤后第 3、7、14d)在视网膜和病变部位近端可以看到锰离子强化,增强信号从 3d 到 14d 逐渐减少;病变部位远端在相应各时间点没有观察到强化。与对照组相比,视神经粉碎组第 3、7、14 天视神经节细胞计数下降率分别为 6.84%, 45.31%, 72.36%。视神经节细胞的凋亡在视神经粉碎后第 14 天最明显。结果提示 MEMRI 对大鼠视神经损伤体内实验研究有一定的价值,它可以用来观察视神经损伤后的结构和功能变化。使用 MEMRI 检查可能可以检测视神经损伤的严重程度。

静息态功能磁共振成像

鞍区肿瘤患者的大脑神经活动改变:静息状态功能磁共振成像研究。Wang 等通过测量 BOLD 信号中低频(0.1~0.01 赫兹)波动的模式,研究伴视觉受累的鞍区肿瘤患者脑神经活动的改变。结果表明,与正常对照组相比,鞍区肿瘤患者的双侧楔片,左舌回和右辅助运动区(low-frequency fluctuations, ALFF)显著降低;双侧豆状核则显著增加。双侧楔片的区域同

质性(regional homogeneity, ReHo)值降低,但楔前叶 ReHo 的价值增加,左岛,豆状核。楔前叶和脑岛的 ReHo 值与肿瘤左右方向半径显著相关。结果提示,鞍区肿瘤患者的视觉网络高级认知功能的响应区域的功能比初级视觉皮层视觉网络不稳定。楔前叶和其他脑区大脑活动的减少可能反映了视觉剥夺造成的失调行为。大脑豆状核和脑岛增加的活动更可能示代偿现象。这些区域功能模式的研究可能有助于评估鞍区肿瘤患者视觉功能恢复的预后。

Yang 等用静息态功能磁共振(resting-state functional MRI, rsfMRI)分析 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者的网络内和网络间功能连接变化。对认知正常的 T2DM 患者(T2DM with normal cognition, DMCN)和认知损害的 T2DM 患者(T2DM with cognitive impairment, DMCI)及正常对照(healthy controls, HC)进行 3T 磁共振扫描,采用 one-way ANOVA 统计分析 5 个主要的静息态脑网络:默认网络(default mode network, DMN),背侧注意网络(dorsal attention network, DAN),控制网络(control network, CON),突显网络(salience network, SAL),感觉注意网络(sensorimotor network, SMN),从三个水平(整体、网络、连接)研究其功能连接的变化。结果发现,在整体水平,与正常组比较,DMCN 和 DMCI 组双侧小脑后部功能连接下降($P < 0.05$),DMCI 组右岛叶功能连接下降。在网络水平,DMCI 组的 DMN、CON 网络内功能连接下降($P < 0.05$),而 3 组组间 5 个 RSN 未发现网络间的显著差异。在连接水平,3 组间存在 50 条有显著差异的边($P < 0.05$),其中 P 值前 3 位的是左前额叶皮层-左顶上回、右前扣带回-右前扣带回腹侧、右岛叶-右初级视皮层($P < 0.05$)。在 3 个水平,发现 T2DM 特定脑区的功能连接强度与糖化血红蛋白、病程、简易智能精神状态检查量表、蒙特利尔认知评估量表等指标存在相关($P < 0.05$)。网络内及网络间的改变说明 3 组间存在组间差异,并且反映了 DMCI 患者认知损害,可作为一个有潜力的指标来预测 T2DM 进展、评估认知损害、进一步理解其病理生理学改变。

两种静息态分析方法评估皮层下脑卒中患者的认知障碍与自主性脑功能活动的关系。Peng 等对皮层下中风患者的局部一致性(ReHo)和低频波动的振幅(ALFF)的变化及其与认知能力受损的相关性进行研究。结果显示,与健康对照组相比,卒中患者的左顶叶小叶 ALFF 和 ReHo 值显著增加。此外,偏相关分析表明,在皮层下卒中患者左顶叶小叶的 ALFF 的值与患者数字相关评分呈正相关($r = 0.427, P = 0.026$)。因此他们认为,磁共振静息态 ALFF 和 ReHo 可反应卒中患者的异常大脑自发活动,并可为认知障碍等神经生物学改变提供观察信息。

磁共振静息态研究艾滋病毒感染者的脑功能连接改变。Abidin 等使用一种新的静息态分析方法-交互式网络连接分析法(mutual connectivity analysis, MCA)用于检测 HIV 感染的效果。该方法使用广义径向基函数的神经网络作为非线性时间

序列计算,所产生的网络图可使用图形特征的理论,可根据诸如模块化、聚类系数、局部效率等区域属性进行分类。使用全脑及区域测量结果分析艾滋病病毒阳性/阴性个体间的差异。结果显示,顶叶区域和左后扣带回区相应的节点的模块化和群聚系数值在艾滋病患者感染者与健康人群中具有显著差异($P < 0.01$)。基于使用 MCA 框架的脑网络的属性图理论分析是一种新型的方法,可识别艾滋病感染者的脑功能连通性变化。

颅内 CTA 和 MRA 与灌注成像

CT 灌注(CT perfusion, CTP)检查可以区分缺血半暗带与梗死核心,从而为急性缺血性脑卒中患者选择合适的血管内治疗提供帮助,但图像质量欠佳及辐射剂量高等问题严重限制了它的临床应用。Li 等使用以任务模式驱动的参数优化方法,将 CTP 的图像质量指标与 CTP 系统参数定量地关联起来。研究结果表明,使用优化方法后,CBV、CBF 及 MTT 图的检测指标分别提高了 101%、172% 和 256%。任务模式驱动的参数优化方法在 CTP 系统的应用,提高了 CTP 灌注数据的质量及可靠性。

动态增强(dynamic contrast-enhanced, DCE)MRI 可以为血脑屏障(blood-brain barrier, BBB)的完整性提供定量及半定量的信息。已有的研究发现阿尔茨海默症、脑外伤和多发性硬化中血脑屏障的完整性出现了微妙的改变。Ktrans 是衡量 BBB 完整性的指标,它是指分子从血浆转移到周围组织间隙的速率。Barnes 等采用 K-对比噪声比(k-contrast to noise ratio, K-CNR)评价 Ktrans 的精确度和准确性。Patlak 模型显示 Ktrans 低时 K-CNR 最高。Ktrans 的临界点明显取决于扫描时长和组织血管外细胞外容积分数。扫描时间长(10~30min)、时间分辨率适中(<60s/帧)、基线扫描时间长(1~4min)时,使用 Patlak 模型分析可以得到低 Ktrans 最高的 K-CNR。低至 3% 的信号飘逸可以影响 K-CNS 评估 Ktrans 的准确性。合理优化的 DCE 扫描方案可以检测到 BBB 完整性的最微小的变化,并可以被用于检测脑外伤、AD 及多发性硬化等神经变性疾病早期改变。

速度选择性动脉自旋标记(acceleration selective arterial spin labeling, ASASL)是一种无创性的评估血管的技术。Togao 等对比研究 ASASL-MRA 与 TOF-MRA 对烟雾病的诊断价值。根据 DSA 的结果,将颈内动脉闭塞狭窄的程度或软脑膜吻合支的发育情况分成两个级别。ASASL-MRA 测得的平均血管数(16.9 ± 4.9)多于 TOF-MRA ($7.2 \pm 4.5, P < 0.0001$),ASASL-MRA 的平均 CNR (20.4 ± 8.0)高于 TOF-MRA ($9.2 \pm 9.2, P < 0.0001$)。软脑膜吻合支(leptomeningeal anastomosis, LMA)发育良好的大脑半球小血管的增量($11.4 \pm 3.9, P < 0.01$)高于 LMA 发育不良者(6.8 ± 2.2)。因此,ASASL-MRA 能提高烟雾病中狭窄-闭塞部位远端的小动脉检查率,反映 LMA 的侧支循环建立,有助于搭桥手术计划的制定。