

多发性硬化 MRI 规范化应用专家共识

中华医学会放射学分会磁共振学组 中国医师协会神经内科医师分会

通信作者:严福华,上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科,上海 200025, Email: yfh11655@rjh.com.cn;管阳太,上海交通大学医学院附属仁济医院神经内科,上海 200127, Email: yangtaiguan@sina.com;陈敏,国家老年医学中心北京医院放射科,北京 100730, Email: cjr.chenmin@vip.163.com;冯逢,北京协和医院放射科,北京 100730, Email: ffeng@pumch.cn

【摘要】 多发性硬化(MS)是青壮年致残的主要疾病之一,会造成极大的家庭和社会负担。MRI 作为重要的评估手段,已经广泛应用于 MS 的诊断、治疗监测和患者随访。目前不同单位在 MRI 参数设置、序列选择等方面尚无统一的规范,一定程度上影响了其在 MS 诊治中的应用推广。本文结合国内外 MS 在 MRI 领域重要研究结果及国外已发布的指南共识,汇集国内神经免疫和影像专家的实践经验和重要观点,聚焦于 MRI 诊断和随访的临床意义、成像参数和扫描序列的标准化,形成共识性规范,以期更好地指导 MRI 在 MS 诊治中的临床应用。

【关键词】 多发性硬化; 磁共振成像; 规范; 专家共识

Expert consensus on the use of MRI in multiple sclerosis

MR Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association, Chinese Neurology Association of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding author: Yan Fuhua, Department of Radiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China, Email: yfh11655@rjh.com.cn; Guan Yangtai, Department of Neurology, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China, Email: yangtaiguan@sina.com; Chen Min, Department of Radiology, Beijing Hospital, National Center of Gerontology, Beijing 100730, China, Email: cjr.chenmin@vip.163.com; Feng Feng, Department of Radiology, Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100730, China, Email: ffeng@pumch.cn

多发性硬化(multiple sclerosis, MS)是一种免疫介导的中枢神经系统(central nervous system, CNS)炎性脱髓鞘和神经退行性疾病,病变可累及大脑、小脑、脑干、脊髓和视神经等多个部位。中国一项基于住院患者的流行病学研究显示,MS 在中国每年的发病率为 0.235/10 万(年龄和性别校正后),儿童和成人发病率分别为 0.055/10 万和 0.288/10 万,女性与男性患者比例为 2.02:1,发病高

峰年龄为 40~49 岁^[1]。MS 是青壮年非创伤性致残的主要疾病之一,造成了极大的家庭和社会负担,随着 2018 年被纳入《第一批罕见病目录》,该病在国内受到更多关注^[2-6]。

MS 的评估是多维度的,包括量表评估[如扩展的残疾状态量表(expanded disability status scale, EDSS)评分、符号转换测验评分等]、血清和脑脊液标志物评估(如神经丝轻链、寡克隆带等)以及影像

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20230404-00260

收稿日期 2023-04-04 本文编辑 史晓娟

引用本文:中华医学会放射学分会磁共振学组,中国医师协会神经内科医师分会.多发性硬化 MRI 规范化应用专家共识[J].中华放射学杂志,2023,57(6):592-599. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20230404-00260.



学评估。其中,影像学评估在 MS 患者诊断、治疗监测随访中至关重要。MS 诊断是排他性诊断,确诊需要结合影像学特点,排除其他类型脱髓鞘疾病、全身结缔组织疾病、脑小血管疾病及肿瘤性疾病等。随访过程中,需要对疾病的复发、进展、治疗应答及脑萎缩程度作出准确的评估,并对远期预后作出合理的预测。随着我国医学界对 MS 认知度的不断提高及 MR 设备的普及,2022 年 9 月,中华医学会放射学分会磁共振学组和中国医师协会神经内科分会神经免疫学组专家基于文献和中国临床实践总结,对 2017 年以后 MS 影像诊断和随访的热点问题反复探讨,形成了 MS MRI 规范化应用的中国专家共识,以期全面提升我国 MS 诊治的同质化水平,进一步推动 MRI 在 MS 诊断、随访中的临床应用。

一、MRI 在 MS 诊断的应用推荐

(一) MRI 用于 MS 诊断的临床意义

MRI 是检测 MS 病灶最敏感的影像检查技术,于 2001 年首次被纳入 McDonald 诊断标准^[7-8]。目前 MS 诊断推荐使用 2017 年 McDonald MS 诊断标准^[9-10],在该诊断标准中,MRI 病灶(无论是否导致临床症状)可代替临床证据证实空间多发性(dissemination in space, DIS)和时间多发性(dissemination in time, DIT),在第二次临床事件发生前协助诊断 MS,并用于疾病鉴别诊断^[10-11]。

为了提升诊断特异度,降低误诊风险,临床亟需高特异度的影像标志物。近年来,在基于高场和超高场 MR 的磁敏感加权成像上,发现了 2 个 MS 病灶的特异性征象:中心静脉征(central vein sign, CVS)一白质病灶中心存在小静脉^[12-13]和顺磁性环形病灶(paramagnetic rim lesion, PRL)一慢性活动性病灶表现出顺磁性低信号边缘^[14]。这 2 个征象具有增加 MS 诊断特异度的潜力,但在进行排除诊

断以及在诊断复发或进展型 MS 患者时,其作用尚需进一步验证^[15]。

此外,MRI 有助于预测疾病的远期预后。基线扫描时出现不少于 3 个强化灶或出现不少于 9 个 T₂ 病灶[指 T₂WI 或 T₂ 液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)序列图像显示的病灶]等影像学表现可提示患者预后更差和(或)对疾病修饰治疗(disease modifying treatment, DMT)的应答更差^[16-17]。

(二) MRI 基础参数设置

与二维(two-dimension, 2D)采集技术相比,目前更推荐采用三维(three-dimension, 3D)采集技术(特别是 FLAIR 和 T₁WI 序列)。因为 3D 采集能够更方便地调整解剖方位,更好地显示病灶,有助于提高小病灶特别是皮层病灶的检出。如受设备条件限制,患者在初次检查时可以采用 2D 采集,但在患者确诊后的随访、重设基线时推荐采用 3D 采集^[18-19]。在实际临床工作中,3D 序列相对 2D 序列的采集时间偏长,压缩感知等加速技术在 MRI 中的成功应用有助于缩短扫描时间^[20-21]。

在保证图像信噪比和分辨率(例:层内分辨率 $\leq 1\text{ mm}\times 1\text{ mm}$)的情况下,1.5 T MR 设备也可用于 MS 的诊断^[18-19, 22-24]。有条件的单位仍推荐 3.0 T MR 为首选设备,因其具有更强的性能,易于显示 CVS 和 PRL,且数据采集时间也较短^[18-19, 25]。目前超高场强的 MR(5.0 T 及以上)在临床上并未普及,暂不做推荐。

MRI 基础参数设定见表 1。

(三) 推荐标准 MRI 采集方案

1. 脑部和脊髓 MRI: 脑部 T₂WI、T₂ FLAIR, 脊髓 T₂WI、质子加权成像、短时间反转恢复(short time inversion recovery, STIR), 注射对比剂前后 T₁WI 等序列是临床常用的扫描方案,应用较广泛,可作为

表 1 MRI 基础参数设定^[19]

MR 设备	脑部	脊髓	视神经
场强	$\geq 1.5\text{ T}$ (首选推荐 3.0 T)	$\geq 1.5\text{ T}$	$\geq 1.5\text{ T}$
层厚	3D 采集: 建议层厚为 1 mm, 但如果为双倍插值(层面间及层面内)建议层厚 $\leq 1.5\text{ mm}$, 层间重叠 0.75 mm 2D 采集: 建议层厚 $\leq 3\text{ mm}$, 层间无间隔(DWI 序列层厚 $\leq 3\text{ mm}$, 层间距为层厚 10%~30%)	矢状位层厚 $\leq 3\text{ mm}$, 层间无间隔; 轴位层厚 $\leq 5\text{ mm}$, 层间无间隔	$\leq 2\sim 3\text{ mm}$, 层间无间隔
层内分辨率	$\leq 1\text{ mm}\times 1\text{ mm}$	$\leq 1\text{ mm}\times 1\text{ mm}$	$\leq 1\text{ mm}\times 1\text{ mm}$
范围	全脑(包括尽量多的颈髓)	推荐全脊髓扫描, 但如果条件受限, 至少应包括颈髓	视神经和视交叉
采集方位	2D 成像沿胼胝体下缘连线采集; 3D 成像重建出斜轴位图像建议每次采集部位一致, 便于前后对照	垂直于脊髓的矢状轴, 每次采集位置保持一致	平行于视神经和视交叉

注: 3D 为三维; 2D 为二维; DWI 为扩散加权成像

诊断MS的基础推荐序列^[19]。

从MRI的其他序列来看,DWI可反映活动性炎性脱髓鞘病灶的扩散变化^[26],双反转恢复(double inversion recovery, DIR)或相位敏感反转恢复(phase sensitive inversion recovery, PSIR)序列可用于检测皮层或近皮层病灶,高分辨率T₁WI序列可用于定量评估脑体积,磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)可用于显示CVS和PRL特征,临床中可依据实际情况进行选择。脑和脊髓推荐序列见表2。

在诊断时,建议使用钆对比剂的情况有:(1)在基线MRI扫描中显示DIT;(2)用于鉴别诊断(即根据强化的类型);(3)预测疾病活动性;(4)对进展型MS患者进行分型(即活动性或非活动性)。在对比剂的使用时机上:(1)对需进行脑部增强扫描的患者,可在2D或3D T₂ FLAIR序列扫描前注射对比剂,确保注射对比剂后延迟至少5~10 min,再行2D或3D增强T₁WI扫描;(2)对需进行脊髓增强扫描的患者,可在2D T₂序列扫描前注射对比剂,确保注射对比剂后延迟至少5~10 min,再行2D增强T₁WI

扫描^[19, 28]。

2. 视神经^[18-19]:对于首发症状为视神经炎的患者,将受累的视神经纳入DIS可能提高MS的诊断率;对于其他首发症状的患者,该指标没有更高的诊断价值。

推荐序列:视神经轴位和冠状位T₂WI脂肪抑制序列或STIR;轴位和冠状位脂肪抑制T₁WI增强扫描。

二、MRI用于MS随访监测的推荐

(一)MRI用于MS随访监测的意义

MRI可帮助评估疾病活动度,是评估疗效的重要指标之一,研究显示,病灶在短时间(6~9个月)内的治疗响应情况可用于预测长期(12~24个月)治疗的预后^[29]。

对于接受任何一种DMT的复发型MS(relapsing MS, RMS)患者,MRI监测非常有必要,因为新发或扩大(与近期既往MRI图像比较)的T₂病灶是治疗无应答的标志物,提示需要更高效的治疗^[30]。2021年德国多发性硬化治疗共识小组立场声明中指出,若1年内出现≥1次临床复发,或在

表2 脑和脊髓推荐扫描序列^[19, 27]

类型	用于MS疾病诊断	用于评估疾病活动和监测DMT疗效	用于DMT的安全性监测
脑部MRI序列			
轴位T ₂ WI(TSE或FSE)序列 ^a	推荐	推荐(如果3D序列可选,则推荐采用高分辨矢状位3D T ₂ FLAIR序列,并做轴位、矢状位多平面重建)	推荐(如果3D序列可选,则推荐采用高分辨矢状位3D T ₂ FLAIR序列,并做轴位、矢状位多平面重建)
矢状位T ₂ FLAIR(最好是3D,可选择脂肪抑制序列)	推荐	推荐	推荐
轴位T ₂ FLAIR(如已采集矢状位3D T ₂ FLAIR伴多平面重建,则不必要;可选择脂肪抑制序列)	推荐	推荐	推荐
轴位(或3D矢状位)T ₁ WI序列钆对比剂增强扫描 ^b	推荐	可选	可选
DWI	可选	可选(鉴别诊断时需考虑)	推荐
DIR或PSIR序列(用于检测皮层或近皮层病灶)	可选	可选	可选
高分辨率T ₁ WI序列(各向同性3D采集,用于定量评估脑体积)	可选(可用于评估CVS和PRL)	可选	不要求
脊髓MRI序列			
以下至少2个:矢状位T ₂ WI序列(TSE或FSE), PDWI(TSE或FSE), STIR	推荐	可选	不要求
矢状位3D重T ₁ 加权序列(PSIR或MPRAGE ^c),仅用于颈髓	可选	可选	不要求
轴位T ₂ WI(TSE或FSE)或梯度回波序列(确认矢状位序列上检测到的病变,或检测临床高度怀疑受累的脊髓节段病变)	可选	可选	不要求
矢状位T ₁ WI序列(TSE或FSE)平扫	可选	可选	不要求
矢状位T ₁ WI序列(TSE或FSE)钆对比剂增强扫描 ^b	推荐	可选	不要求
轴位T ₁ WI序列(TSE或FSE)钆对比剂增强扫描 ^b	可选	可选	不要求

注:TSE、FSE为快速自旋回波;FLAIR为液体衰减反转恢复;3D为三维;DWI为扩散加权成像;DIR为双反转恢复;PSIR为相位敏感反转恢复;PDWI为质子密度加权序列;STIR为短时间反转恢复;MPRAGE为磁化准备梯度回波快速采集;MS为多发性硬化;CVS为中心静脉征;PRL为顺磁性环形病灶;DMT为疾病修饰治疗;^a为双回波(质子和T₂WI)序列可以考虑作为单回波T₂WI序列的替代;^b为大环钆对比剂标准剂量为0.1 mmol/kg 体重质量,最少延迟5~10 min;^c为其中1个序列可以取代T₂WI序列、质子加权序列或短时间反转恢复序列

MRI 上确认出现 $\geq 2 \sim 3$ 个新发或扩大的病灶,或 EDSS 增加 0.5~1.0 分(3~6 个月后确认),则应从治疗(轻中度)活动性疾病的 DMT 转为治疗(高度)活动性疾病的 DMT(即所谓的“垂直转换”)^[31]。

此外, MRI 已作为“无疾病活动(no evidence of disease activity, NEDA)证据”的指标之一,为了更全面地评估治疗效果, NEDA-3[无明确的临床复发、无确认的残疾进展、无钆增强病灶和(或)新发或扩大的 T₂ 病灶]已被推荐作为 MS 的治疗目标^[32-33]。而为了实现 NEDA,同时减少患者出现“假性脑萎缩”,建议患者应在 DMT 发挥作用后再次进行 MR 检查(即新的基线 MRI,重设基线)^[34-35]。重设基线 MRI 也有助于在疾病早期阶段更准确地评估治疗应答^[36]。重设基线 MRI 发现的病灶,提示患者可能存在疾病进展,需要更换治疗方案。

随着越来越多 DMT 药物的获批, MRI 用于药物安全监测的重要性也愈发受到重视,特别是对于进行性多灶性白质脑病(progressive multifocal leukoencephalopathy, PML)的监测^[19, 29]。全球获批 DMT 中,那他珠单抗治疗后 PML 的发生率最高,但其他 DMT 药物亦有可能导致 PML。对患者进行定期的 MR 检查以及时发现 PML 至关重要^[29],有助于改善患者的预后^[37]。

(二)采集时间及方案推荐

1. MRI 采集时间:随着目前获批用于 MS 的 DMT 越来越多,定期进行 MRI 随访有助于及时识别疾病活动、评估治疗效果、预测治疗反应,调整治疗策略。考虑到 DMT 起效需要一定时间,为避免造成假阴性判断,建议在治疗开始 6 个月后进行 MRI 随访^[19, 37]。MRI 采集时间推荐:(1)起始时间为治疗前,如果之前从未做过脊髓 MRI,在脑部 MRI 的基础上加做脊髓 MRI。(2)重设基线时间为治疗起始后 6 个月,对接受 DMT 醋酸格拉替雷治疗的患者,应考虑治疗起始后至 9 个月,药物起效后进行随访。对接受诱导疗法的患者,应在整个疗程完成后进行随访。(3)首次随访时间为治疗起始后 12 个月,如果有明显的孤立 MRI 活动或孤立临床活动,则应缩短 MRI 随访时间(即 6 个月);如果有临床指征,可加做脊髓 MRI 扫描。(4)二次随访时间为治疗起始后 24 个月,如果有明显的孤立 MRI 活动或孤立临床活动,则应缩短 MRI 随访时间(即 6 个月);如果有临床指征,可加做脊髓 MRI 扫描。(5)后续随访时间为治疗期的每年,如果有明显的孤立 MRI 活动或孤立临床活动,则应缩短 MRI 随访

时间(即 6 个月);在接受 β 干扰素或醋酸格拉替雷治疗的临床稳定的患者中, MR 检查频率可以酌情降低。

2. 脑部和脊髓 MRI:在疾病随访中同样应采取标准化的 MRI 采集方案。建议采用相同的脉冲序列、磁场强度和空间分辨率,建议统一每次 MRI 扫描定位便于前后对照。应按照标准化采集方案进行脑部 MRI 扫描。脊髓 MRI 扫描不作常规推荐;当需要进行脊髓 MRI 扫描时,应进行标准化采集^[19]。表 2 中推荐序列为基础序列,有条件的单位可加入可选序列。

随访时建议使用对比剂的情况包括:(1)若没有重设基线 MRI 扫描(通常在治疗开始后 6 个月),尤其是在使用 β 干扰素或醋酸格拉替雷的患者中,在随访(即治疗开始后)的第 1 年使用对比剂;(2)如果没有近期(3~6 个月内)可参照的脑部 MRI 扫描的患者,需要判断临床疾病活动度,最好在糖皮质激素治疗前进行钆对比剂增强扫描;(3)需要显示存在强化病灶的疾病活动,以启动或调整特定的 DMT;(4)对存在弥漫性和融合性慢性 MS 病灶的患者(即病灶负荷大),难以根据新发或扩大的 T₂ 病灶来检测疾病活动时;(5)如果在前期常规监测或筛查脑部 MRI 中检测到可疑病灶,需进一步筛查 PML;(6)监测和检测 PML 免疫重建炎症综合征。

随访时不建议使用钆对比剂的情况包括:(1)为了在系列 MR 扫描上显示 DIT,对于亚临床疾病活动的标准监测[如果有近期(约 1 年内)的 MRI 扫描,且使用了类似的技术参数];(2)在重设基线(通常在治疗开始后 6 个月)MRI 扫描中;(3)在既往 MRI 扫描中具有孤立 MRI 活动的患者中确认疾病活动的短期随访 MRI(6 个月内);(4)PML 的筛查;(5)妊娠期间和哺乳期间(仅在对患者管理至关重要时才适用);(6)肾功能不全者谨慎使用^[19, 38-40]。

3. 视神经 MRI:视神经 MRI 扫描可用于发现 MS 的亚临床活动,但不推荐用于常规随访;当需要进行视神经 MRI 扫描时,应进行标准化采集^[19],扫描参数可参考表 1。2021 年 MAGNIMS-CMSC-NAIMS 共识推荐视神经 MRI 用于 MS 监测时在以下情况适用:MS 患者,出现新发视觉症状,提示可能存在影响视神经的共患病;具有慢性进行性视神经受累症状;反复出现孤立性视神经炎复发^[19]。

三、特殊人群的 MRI 应用

特殊人群主要涉及儿童和妊娠、哺乳期女性。

(一) 儿童 MS 诊断和随访

儿童起病多发性硬化症 (pediatric-onset multiple sclerosis, POMS) 定义为 18 岁之前发生 MS 首次发作, 成人 DIT 和 DIS 的标准同样适用于非急性播散性脑脊髓炎表现的儿童。2017 McDonald MS 诊断标准在 POMS 中的应用价值逐步得到认定, 诊断的灵敏度和特异度与成人相似^[19, 41]。MRI 在 POMS 的评估中起着关键作用, 包括初诊, 随访过程中评价新发病灶、病灶活动性以及评估 DMT 药物的疗效。幕下病灶和基线扫描时的强化病灶在 POMS 患者中更常见^[41]。此外, MRI 也有助于 POMS 的鉴别诊断^[42]。

在 POMS MRI 评估方面, 中国专家达成如下共识: (1) 推荐序列和成人 MS 相同。对病灶活动度的评价, 优先推荐基于 T₂WI 序列或 T₂ FLAIR 序列影像进行评价, 而非钆对比剂增强序列。(2) 在儿童中, 钆对比剂增强扫描可用以排除非 MS 的诊断^[19], 但 POMS 患者更可能出现全身性的钆对比剂沉积, 钆对比剂优先选择大环状的, 同时应参考说明书标注的适用年龄范围谨慎使用^[40, 43]。(3) 与成人 MS 相比较, POMS 早期复发率较高, 对于高度活跃的患者, 建议每 6 个月进行一次脑部 MRI 扫描, 以评估 DMT 药物治疗效果。(4) 首次评估时, 当患者存在脊髓症状/体征、或不能以脑部病灶解释症状/体征时, 建议获得完整的脊髓 MRI 图像进行诊断; 在随访过程中, 如果临床上有必要, 可以考虑进行脊髓 MRI 扫描。(5) 在 DMT 过程中, 如出现临床发作, 建议进行 MRI 扫描。(6) 原发进展型 MS 在儿童中较为罕见, 如遇缓慢进展的患儿, 建议 MRI 扫描排除遗传、代谢相关疾病。例如脑白质营养不良、线粒体疾病等。(7) 视神经 MRI 不做常规推荐, 除非涉及髓鞘少突胶质细胞糖蛋白抗体相关疾病、水通道蛋白 4 抗体阳性视神经脊髓炎谱系疾病等的鉴别。(8) 脑萎缩的定量影像评估及其他定量分析的 MRI 可用作科研, 不作常规推荐。

(二) 妊娠及哺乳期女性 MS 诊断和随访

女性妊娠会影响 MS 的活动性。一般认为, 妊娠前 3 个月复发风险下降, 产后尤其哺乳期复发风险会上升至原有或超过原有水平, 妊娠相关疾病活动性的波动可能与激素水平的波动相关^[44]。鉴于妊娠可导致疾病的波动, 合理的影像随访策略尤为重要。中国专家达成如下共识: (1) 尽管目前没有证据显示妊娠前 3 个月接受 MRI 扫描会导致胎儿异常, 但妊娠早期接受 MRI 扫描仍需谨慎, 妊娠期

前 3 个月不建议行 MRI; 对于妊娠 3 个月以上的孕妇, 目前观点认为 1.5 T 及 3.0 T MR 检查对中晚期胎儿是安全的^[45]。(2) 钆对比剂可以透过胎盘, 目前尚无钆对比剂对胎儿远期影响的研究报道, 因此, 妊娠患者常规不推荐使用钆对比剂^[19]。只有当增强检查对妊娠患者明显利大于弊时, 才考虑使用; 对于必须使用增强检查的妊娠患者, 应选择大环状对比剂, 并根据说明书使用足以获取诊断结果的最低剂量^[40]。(3) 产后、哺乳期是 MS 高复发时期, 需要密切随访, 并逐步恢复到妊娠前常规随访中。此时期 MRI 扫描无禁忌。钆对比剂在乳汁中的含量极低, 接受钆对比剂增强扫描的女性如果担心微量钆对比剂对婴儿的影响, 可以舍弃注射钆对比剂后 12~24 h 内的乳汁。24 h 后可以正常哺乳^[40]。(4) 建议产后 2~3 个月接受脑部 MR 检查, 重设基线。新发或者扩大的 T₂ 病灶是评估炎症活动性的重要指标。

四、结构化报告

结构化报告可为医师提供更多有效信息, 有助于优化临床决策。(神经)放射科医师在描述 MS 患者 MRI 的表现时, 须清晰描述病灶位置[即(近)皮层、脑室周围、幕下、脊髓]。目前尚无统一的报告标准, 但应将一些关键要素(包括所用技术)纳入报告中^[19]。

在 MRI 技术的描述中应包括覆盖的解剖学区域(脑、脊髓、视神经)、磁场强度、层厚、使用钆对比剂的类型和剂量、所用序列以及用于比较的前一次扫描的时间和序列; 在影像学表现中应使用标准化的术语, 全面、系统地描述与具体临床情况有关的所有影像学检查结果, 例如在诊断性扫描中应包括参考 MS 的特点: 描述 T₂WI 病灶和强化病灶的数量、部位、大小和形状、T₂WI 和 T₁WI 病灶负荷的定性评估、可支持或排除 MS 诊断的影像特征; 在随访扫描中应包括: 与之前影像图像相比, 报告有无新发病灶、有无扩大病灶以及强化的新病灶, 评估病灶活动性, 对任何新的临床发现应给予明确描述及解释, 通过测量脑沟、脑裂, 对脑萎缩进行半定量视觉评估。

五、MRI 新技术的应用

(一) 加速技术

在保证图像质量的前提下, 各类加速技术可大大缩短采样时间。在相同扫描时间的情况下, 可获得更高分辨率的图像, 有助于提升诊断可靠性, 临床获益更大。例如压缩感知技术在 MS 应用中已有

研究报告,对压缩感知加速因子的选择进行了推荐,例如在 3.0 T MRI 采集中,对 3D T₁ 序列推荐加速倍数为 3^[46];对 3D SWI 序列推荐加速倍数为 4^[47];对 3D DIR 序列推荐加速倍数为 8.5^[48]等。

(二) 扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)

DTI 是唯一一种有效检测和追踪脑白质纤维束的无创检查方法,可定量描述脑白质纤维束完整性及微观结构异常,其主要量化指标为各向异性分数(fractional anisotropy, FA)、径向扩散率、平均扩散率(mean diffusivity, MD)和轴向扩散率,对这些参数进行定量分析可以指导疾病的诊断^[49-50]。DTI 已被广泛应用于探索 MS 脑白质微观病理改变。较低的 FA 和较高的 MD 值可能表明局灶病变中脑白质损伤的严重程度,而 DTI 指标甚至具有分级和预测 MS 急性病变发展的潜力^[51]。

(三) 髓鞘水成像(myelin water imaging, MWI)

MWI 是一种定量的 MRI 技术,是体内髓鞘含量测定的金标准^[52]。该方法可以在大约 10 min 内生成全脑髓鞘水分分数(myelin water fraction, MWF)图,已被广泛应用于神经退行性疾病、神经发育和神经可塑性等研究^[53]。MS 患者与健康对照组相比,在整体和大脑各感兴趣区域 MWF 均显著降低。MWF 降低与较高的残疾风险、较差的运动和认知表现以及较低的治疗反应相关^[53]。

(四) 脊髓萎缩评价

研究表明 MS 患者存在一定的脊髓萎缩,上段颈髓平均面积与 MS 患者白质分数和临床扩展致残量表评分相关^[54]。对 MS 患者进行脊髓萎缩评价可参考由国内专家参与制作的《脊髓 MRI 标准化国际专家共识》^[55]。

执笔者: 刘亚欧(首都医科大学附属北京天坛医院放射科)、郭春杰(吉林大学第一医院放射科)、陈晟(上海交通大学医学院附属瑞金医院神经内科)、徐雁(北京协和医院神经内科)

专家共识工作组成员(按姓氏拼音顺序): 陈晟(上海交通大学医学院附属瑞金医院神经内科)、陈敏(国家老年医学中心北京医院放射科)、陈唯唯(华中科技大学同济医学院附属同济医院影像科)、冯逢(北京协和医院放射科)、管阳太(上海交通大学医学院附属仁济医院神经内科)、郭春杰(吉林大学第一医院放射科)、郭守刚(山东省立医院神经内科)、郝峻巍(首都医科大学宣武医院神经内科)、黄德晖(解放军总医院第一医学中心神经内科)、金涛(吉林大学第一医院神经内科)、李咏梅(重庆医科大学附属第一医院放射科)、刘亚欧(首都医科大学附属北京天坛医院放射科)、刘再毅(广东省人民医院放射科)、邱伟(中山大学附属第三医院神经内科)、王光彬(山东省立医院放射科)、王丽华(哈尔滨医科大学附属

第二医院神经内科)、温志波(南方医科大学珠江医院放射科)、徐雁(北京协和医院神经内科)、杨欢(中南大学湘雅医院神经内科)、严福华(上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科)、张静(兰州大学第二医院放射科)、周滢(上海交通大学医学院附属仁济医院放射科)、朱文珍(华中科技大学同济医学院附属同济医院影像科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Tian DC, Zhang C, Yuan M, et al. Incidence of multiple sclerosis in China: a nationwide hospital-based study[J]. *Lancet Reg Health West Pac*, 2020, 1: 100010. DOI: 10.1016/j.lanwpc.2020.100010.
- [2] GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(5):459-480. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30499-X.
- [3] Stenager E. A global perspective on the burden of multiple sclerosis[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(3):227-228. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30498-8.
- [4] Li M, Zhou N, Duan S, et al. Burden and trends of multiple sclerosis in China from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(12): e066335. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-066335.
- [5] Paz-Zulueta M, Parás-Bravo P, Cantarero-Prieto D, et al. A literature review of cost-of-illness studies on the economic burden of multiple sclerosis[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2020, 43: 102162. DOI: 10.1016/j.msard.2020.102162.
- [6] 国家卫生健康委员会,科学技术部,工业和信息化部,等.关于公布第一批罕见病目录的通知[EB/OL].(2018-05-11)[2023-03-12]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5435167.htm.
- [7] Igra MS, Paling D, Wattjes MP, et al. Multiple sclerosis update: use of MRI for early diagnosis, disease monitoring and assessment of treatment related complications[J]. *Br J Radiol*, 2017, 90(1074):20160721. DOI: 10.1259/bjr.20160721.
- [8] Wattjes MP, Steenwijk MD, Stangel M. MRI in the diagnosis and monitoring of multiple sclerosis: an update[J]. *Clin Neuroradiol*, 2015, 25 Suppl 2: 157-165. DOI: 10.1007/s00062-015-0430-y.
- [9] 中国免疫学会神经免疫分会,中华医学会神经病学分会神经免疫学组.多发性硬化诊断和治疗中国专家共识(2018版)[J]. *中国神经免疫学和神经病学杂志*, 2018, 25(6): 387-394. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2963.2018.06.001.
- [10] Thompson AJ, Banwell BL, Barkhof F, et al. Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria[J]. *Lancet Neurol*, 2018, 17(2): 162-173. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30470-2.
- [11] Krieger SC, Sumowski J. New insights into multiple sclerosis clinical course from the topographical model and functional reserve[J]. *Neurol Clin*, 2018, 36(1):13-25. DOI: 10.1016/j.ncl.2017.08.003.
- [12] Sinnecker T, Clarke MA, Meier D, et al. Evaluation of the central vein sign as a diagnostic imaging biomarker in



- multiple sclerosis[J]. *JAMA Neurol*, 2019, 76(12): 1446-1456. DOI: 10.1001/jamaneurol.2019.2478.
- [13] 王伟柱,周衡,宋田,等.中央静脉征在复发缓解型多发性硬化中的MRI特征及诊断价值[J].*中国神经免疫学和神经病学杂志*, 2022, 29(1): 17-21. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2963.2022.01.004.
- [14] Maggi P, Sati P, Nair G, et al. Paramagnetic rim lesions are specific to multiple sclerosis: an international multicenter 3T MRI study[J]. *Ann Neurol*, 2020, 88(5): 1034-1042. DOI: 10.1002/ana.25877.
- [15] Filippi M, Preziosa P, Arnold DL, et al. Present and future of the diagnostic work-up of multiple sclerosis: the imaging perspective[J]. *J Neurol*, 2023, 270(3): 1286-1299. DOI: 10.1007/s00415-022-11488-y.
- [16] Bose G, Freedman MS. Precision medicine in the multiple sclerosis clinic: selecting the right patient for the right treatment[J]. *Mult Scler*, 2020, 26(5): 540-547. DOI: 10.1177/1352458519887324.
- [17] Freedman MS, Devonshire V, Duquette P, et al. Treatment optimization in multiple sclerosis: canadian MS Working Group Recommendations[J]. *Can J Neurol Sci*, 2020, 47(4): 437-455. DOI: 10.1017/cjn.2020.66.
- [18] 中国多发性硬化影像诊断协作组.多发性硬化影像诊断标准:中国专家共识[J].*中华放射学杂志*, 2017, 51(2):81-85. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.02.001.
- [19] Wattjes MP, Ciccarelli O, Reich DS, et al. 2021 MAGNIMS-CMSC-NAIMS consensus recommendations on the use of MRI in patients with multiple sclerosis[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(8): 653-670. DOI: 10.1016/S1474-4422(21)00095-8.
- [20] Geethanath S, Reddy R, Konar AS, et al. Compressed sensing MRI: a review[J]. *Crit Rev Biomed Eng*, 2013, 41(3):183-204. DOI: 10.1615/critrevbiomedeng.2014008058.
- [21] Jaspan ON, Fleysher R, Lipton ML. Compressed sensing MRI: a review of the clinical literature[J]. *Br J Radiol*, 2015, 88(1056):20150487. DOI: 10.1259/bjr.20150487.
- [22] Hemond CC, Bakshi R. Magnetic resonance imaging in multiple sclerosis[J]. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 2018, 8(5): a028969. DOI: 10.1101/cshperspect.a028969.
- [23] Hagens M, Burggraaff J, Kilsdonk ID, et al. Three-Tesla MRI does not improve the diagnosis of multiple sclerosis: a multicenter study[J]. *Neurology*, 2018, 91(3): e249-e257. DOI: 10.1212/WNL.0000000000005825.
- [24] 初曙光,李振新,陈向军,等.多发性硬化:正确理解影像学术语,选择合适影像检查[J].*中国神经免疫学和神经病学杂志*, 2019, 26(2):77-79. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2963.2019.02.001.
- [25] Meaton I, Altokhis A, Allen CM, et al. Paramagnetic rims are a promising diagnostic imaging biomarker in multiple sclerosis[J]. *Mult Scler*, 2022, 28(14): 2212-2220. DOI: 10.1177/13524585221118677.
- [26] Lo CP, Kao HW, Chen SY, et al. Comparison of diffusion-weighted imaging and contrast-enhanced T1-weighted imaging on a single baseline MRI for demonstrating dissemination in time in multiple sclerosis[J]. *BMC Neurol*, 2014, 14: 100. DOI: 10.1186/1471-2377-14-100.
- [27] Filippi M, Preziosa P, Banwell BL, et al. Assessment of lesions on magnetic resonance imaging in multiple sclerosis: practical guidelines[J]. *Brain*, 2019, 142(7): 1858-1875. DOI: 10.1093/brain/awz144.
- [28] Saslow L, Li D, Halper J, et al. An international standardized magnetic resonance imaging protocol for diagnosis and follow-up of patients with multiple sclerosis: advocacy, dissemination, and implementation strategies[J]. *Int J MS Care*, 2020, 22(5): 226-232. DOI: 10.7224/1537-2073.2020-094.
- [29] Kaunzner UW, Gauthier SA. MRI in the assessment and monitoring of multiple sclerosis: an update on best practice[J]. *Ther Adv Neurol Disord*, 2017, 10(6):247-261. DOI: 10.1177/1756285617708911.
- [30] Meca-Lallana J, García-Merino JA, Martínez-Yélamos S, et al. Identification of patients with relapsing multiple sclerosis eligible for high-efficacy therapies[J]. *Neurodegener Dis Manag*, 2021, 11(3): 251-261. DOI: 10.2217/nmt-2020-0049.
- [31] Wiendl H, Gold R, Berger T, et al. Multiple Sclerosis Therapy Consensus Group (MSTCG): position statement on disease-modifying therapies for multiple sclerosis (white paper) [J]. *Ther Adv Neurol Disord*, 2021, 14: 17562864211039648. DOI: 10.1177/17562864211039648.
- [32] Min M, Spelman T, Lugaresi A, et al. Silent lesions on MRI imaging-Shifting goal posts for treatment decisions in multiple sclerosis[J]. *Mult Scler*, 2018, 24(12):1569-1577. DOI: 10.1177/1352458518798147.
- [33] Giovannoni G, Tomic D, Bright JR, et al. "No evident disease activity": the use of combined assessments in the management of patients with multiple sclerosis[J]. *Mult Scler*, 2017, 23(9):1179-1187. DOI: 10.1177/1352458517703193.
- [34] Giovannoni G, Turner B, Gnanapavan S, et al. Is it time to target no evident disease activity (NEDA) in multiple sclerosis? [J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2015, 4(4):329-333. DOI: 10.1016/j.msard.2015.04.006.
- [35] Sastre-Garriga J, Pareto D, Battaglini M, et al. MAGNIMS consensus recommendations on the use of brain and spinal cord atrophy measures in clinical practice[J]. *Nat Rev Neurol*, 2020, 16(3): 171-182. DOI: 10.1038/s41582-020-0314-x.
- [36] Tomassini V, Sinclair A, Sawlani V, et al. Diagnosis and management of multiple sclerosis: MRI in clinical practice [J]. *J Neurol*, 2020, 267(10): 2917-2925. DOI: 10.1007/s00415-020-09930-0.
- [37] Brieve L, Estruch BC, Merino J, et al. Disease modifying therapy switching in relapsing multiple sclerosis: a Delphi consensus of the demyelinating expert group of the Spanish society of neurology[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2022, 63:103805. DOI: 10.1016/j.msard.2022.103805.
- [38] Martino G, Amici G, Rosner M, et al. Gadolinium-based contrast media nephrotoxicity in kidney impairment: the physio-pathological conditions for the perfect murder [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(2)DOI: 10.3390/jcm10020271.
- [39] Kalantari K, Swaminathan S. Use of Gadolinium in individuals with reduced kidney function[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2021, 16(2): 304-306. DOI: 10.2215/CJN.13950820.
- [40] 中华医学会放射学分会磁共振学组,中华医学会放射学分会质量控制与安全工作委员会.钆对比剂临床安全性应用中国专家建议[J].*中华放射学杂志*, 2019, 53(7):539-544. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.07.002.
- [41] Barraza G, Deiva K, Husson B, et al. Imaging in pediatric multiple sclerosis: an iconographic review[J]. *Clin Neuroradiol*, 2021, 31(1): 61-71. DOI: 10.1007/s00062-020-00929-8.
- [42] Fadda G, Armangue T, Hacohen Y, et al. Paediatric



- multiple sclerosis and antibody-associated demyelination: clinical, imaging, and biological considerations for diagnosis and care[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(2): 136-149. DOI: 10.1016/S1474-4422(20)30432-4.
- [43] Rozenfeld MN, Podberesky DJ. Gadolinium-based contrast agents in children[J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(9): 1188-1196. DOI: 10.1007/s00247-018-4165-1.
- [44] Loreface L, Fronza M, Fenu G, et al. Effects of pregnancy and breastfeeding on clinical outcomes and MRI measurements of women with multiple sclerosis: an exploratory real-world cohort study[J]. *Neurol Ther*, 2022, 11(1):39-49. DOI: 10.1007/s40120-021-00297-6.
- [45] 中华医学会放射学分会儿科学组, 中华医学会儿科学分会放射学组. 胎儿 MRI 中国专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(12): 1153-1161. DOI: 10.3760/cma. j. cn112149-20200605-00779.
- [46] Duan Y, Zhang J, Zhuo Z, et al. Accelerating brain 3D T1-weighted turbo field echo MRI using Compressed Sensing-Sensitivity Encoding (CS-SENSE)[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 131:109255. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109255.
- [47] Ding J, Duan Y, Wang M, et al. Acceleration of brain susceptibility-weighted imaging with compressed sensitivity encoding: a prospective multicenter study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43(3): 402-409. DOI: 10.3174/ajnr.A7441.
- [48] Eichinger P, Hock A, Schön S, et al. Acceleration of double inversion recovery sequences in multiple sclerosis with compressed sensing[J]. *Invest Radiol*, 2019, 54(6): 319-324. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000550.
- [49] Skotarczak M, Dzierżanowski J, Kaszubowski M, et al. Diagnostic value of diffusion tensor imaging in patients with clinical signs of cervical spondylotic myelopathy[J]. *Neurol Neurochir Pol*, 2022, 56(4): 341-348. DOI: 10.5603/PJNNS.a2022.0031.
- [50] 李予欣, 党伟利, 周荣易, 等. 弥散张量成像在孤独症谱系障碍中的应用新进展[J]. *磁共振成像*, 2022, 13(11): 119-124. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2022.11.023.
- [51] Bao J, Tu H, Li Y, et al. Diffusion tensor imaging revealed microstructural changes in normal-appearing white matter regions in relapsing-remitting multiple sclerosis[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 837452. DOI: 10.3389/fnins.2022.837452.
- [52] Edwards EM, Wu W, Fritz NE. Using myelin water imaging to link underlying pathology to clinical function in multiple sclerosis: a scoping review[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2022, 59: 103646. DOI: 10.1016/j.msard.2022.103646.
- [53] Lee J, Hyun JW, Lee J, et al. So You Want to Image Myelin Using MRI: An Overview and Practical Guide for Myelin Water Imaging[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(2): 360-373. DOI: 10.1002/jmri.27059.
- [54] Liu Y, Wang J, Daams M, et al. Differential patterns of spinal cord and brain atrophy in NMO and MS[J]. *Neurology*, 2015, 84(14): 1465-1472. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001441.
- [55] Cohen-Adad J, Alonso-Ortiz E, Abramovic M, et al. Generic acquisition protocol for quantitative MRI of the spinal cord[J]. *Nat Protoc*, 2021, 16(10): 4611-4632. DOI: 10.1038/s41596-021-00588-0.

·读者·作者·编者·

本刊对参考文献的著录要求

对参考文献的著录执行 GB/T 7714—2005《文后参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录, 依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出, 并将序号置于方括号中, 排列于文后。内部刊物、未发表资料(不包括已被接受的待发表资料)、个人通信等一般不作为文献引用, 如有特殊情况确需引用时, 可将其在正文相应处注明。日汉文字请按日文规定书写, 不应与我国汉字及简化字混淆。同一文献作者不超过 3 人全部著录; 超过 3 人只著录前 3 人, 后依文种加表示“等”的文字。作者姓名一律姓氏在前、名字在后, 外

国人的名字采用首字母缩写形式, 缩写名后不加缩写点; 不同作者姓名之间用“,” 隔开, 不用“和”“and”等连词。题名后请标注文献类型标志。文献类型和电子文献载体标志代码参照 GB 3469—1983《文献类型与文献载体代码》。外文期刊名称用缩写, 可以采用国际医学期刊编辑委员会推荐的 NLM's Citing Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256>) 中的格式。中文期刊用全名。须清晰标注文献的卷和期号。文献 DOI 号著录在该条文献最后。

(本刊编辑部)

