·综述·

子宫内膜异位症并发盆腔神经损伤的 MR 神经成像研究进展

陈倩萍，江魁明

【摘要】 疼痛是子宫内膜异位症患者最典型、最突出的临床表现之一，近年来研究表明疼痛的发生与病灶压迫和对邻近神经的侵犯有关。同时子宫内膜异位症患者行病灶切除术时，有可能造成盆腔神经的损伤，进而导致术后盆腔的持续性疼痛，是子宫内膜异位症最严重的术后并发症之一。随着医学影像学技术的不断发展，MR 神经成像技术可对盆腔神经进行高对比度的清晰显示，为子宫内膜异位症患者盆腔神经的观察提供更多的参考信息，进而对盆腔神经损伤的明确诊断提供参考依据。本文主要通过综述子宫内膜异位症患者术前及术后疼痛与 MR 神经成像下盆腔神经异常影像学表现的相关性，从而探讨 MR 神经成像技术在子宫内膜异位症合并盆腔神经损伤中的诊断价值。

【关键词】 子宫内膜异位症；盆腔神经；损伤；MR 神经成像；磁共振成像

【中图分类号】R711.2；R445.2 【文献标志码】A 【文章编号】1000-0313(2023)01-0113-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.01.022 开放科学(资源服务)标识码(OSID)：

子宫内膜异位症(endometriosis，EMs)定义为子宫内膜组织(腺体和间质) 于子宫腔被覆内膜及子宫以外的部位出现、生长、浸润，反复出血，然后导致疼痛、不孕及结节或包块等。异位的子宫内膜可侵犯全身所有部位，绝大部分在盆腔内，最常见于卵巢、输卵管、子宫和卵巢周围组织，盆腔的持续性疼痛是其最主要的临床表现之一[1]。近年来，多项临床研究表明，EMs 的发生进展过程多伴随新生神经的出现，且新生神经与 EMs 患者盆腔疼痛的产生密切相关[2]。手术是目前 EMs 所致疼痛的重要治疗手段，可清除病灶及避免复发[3]。大部分患者的疼痛症状可经过手术治疗得以缓解，但术后排除病灶残留及病灶复发后仍有部分患者出现持续的盆腔疼痛[4]，伴随后期神经的再生，疼痛症状可进一步加重[5]。目前 MRI 是 EMs 患者无创且精确度最高的影像学诊断方法，但常规 MRI 平扫无法对盆腔神经进行清晰显示，故而对 EMs 并发盆腔神经损伤的早期定位定性诊断成为目前医学影像学迫切需要解决的问题。随着医学影像学的不断创新发展，MR 神经成像(magnetic resonance neuroimaging，MRN)可在外周神经成像上对骶丛及坐骨神经盆腔段进行同层面展现，可对神经结构进行高对比度、高清晰度的解剖结构展示，对异常的神经结构提供大量的参考信息[6]。目前 MRN 在 EMs 并发盆腔神经损伤的诊断中尚未得到广泛的临床推广应用。本文就 EMs 并发盆腔神经损伤的 MRN 诊断进展进行综述，旨在为相关临床及影像学医师提供科学的循证医学支持。

作者单位：518000 广东，北京大学深圳医院影像科

作者简介：陈倩萍(1995—)，女，广东珠海人，住院医师，主要从事妇产科疾病神经损伤的 MRI 诊断工作。

通讯作者：江魁明，E-mail：kmjiang64@sina.com

EMs 相关疼痛的研究现状

EMs 导致疼痛的原因目前尚未明确，分析可能与下列因素有关：①异位病灶对盆底神经的直接刺激或侵犯，尤其以道格拉斯窝的病灶多见[7]；②EMs 病灶周围周期性微量出血所引起的炎症反应；③与异位内膜种植过程相关的巨噬细胞分泌的生长因子或细胞因子呈正相关。近年来众多临床证据表明，新生神经多伴有 EMs 患者疼痛的发生与异位子宫内膜内的新生神经纤维的出现密切相关[8-9]。目前保守治疗对 EMs 疗效较差，一次性手术完全切除病灶是最佳治疗手段[10-11]。EMs 行手术切除时，有可能损伤对盆腔器官支配的神经，从而导致术后的持续疼痛，是 EMs 术后的严重并发症之一。Fermaut 等[12]研究表明，一定要充分掌握下述 6 个盆腔神经易受损的解剖区，如行直肠后间隙剥离和前外侧直肠切除术时盆腔神经区，还有宫旁组织、宫骶韧带，在行子宫膀胱韧带剥离术及阴道切除之前，一定需清楚标记腹下神经、内脏神经、下腹神经丛及其传出通路，以免术中损伤盆腔神经。总之，EMs 手术过程中所导致的神经损伤常见且后果严重，如能对 EMs 术前及术后有无盆腔神经损伤进行相关影像学诊断，则对 EMs 的进一步治疗及预后有着至关重要的作用。

EMs 的主要影像学检查方法

近年来，对 EMs 的影像学检查手段很多，主要涉及超声、超声引导下细针穿刺活检术、MSCT 和 MRI 等。相较其他检查而言，MRI 软组织分辨率极好，对不同时期的出血可表现出不一样的信号特点，不但可

定位病灶位置、数量、大小、形状、边界及与周围软组织的关系，而且可准确定位并展现周围组织深度，全方位显示盆腔内可能同时出现的其他病变，有利于明确手术方案及完全切除病灶[13-14]。但 MRI 常规扫描无法对盆腔神经进行细微精确地展现[15]，从而使 EMs 并发盆腔神经损伤的诊断成为目前的研究难点。国内外学者也对 EMs 并发盆腔神经损伤的诊断进行不断探索，以期寻找更加直观敏感的影像学形态显示方法。

MR 神经成像在盆腔神经损伤中的的研究背景

由于常规 MRI 扫描对盆腔神经的显示效果不理想，导致盆腔神经的损伤难以进行明确诊断。Filler 等[16]在 20 世纪 90 年代初期首次提出了 MRN 的概念，从而使得周围神经的显示变为可能。随着 EMs 患者数量的持续增加，并发盆腔神经损伤的情况时有发生，可引起泌尿及生殖系统的疼痛及功能障碍。MRN 相比 MRI 常规扫描有着更加优秀的软组织对比度，且空间分辨率高，对于神经的形态学精细特征可进行客观精确地呈现，在周围神经成像方面取得了极好的效果[17]。如今 MRN 在周围神经损伤的研究中以臂丛神经损伤居多，也有涉及四肢、腰丛及坐骨神经损伤，在胸廓出口综合征患者神经损伤、脊柱术后患者疼痛神经损伤及神经源性肿瘤与创伤后神经瘤的鉴别中同样有相关描述，但有关 EMs 伴盆腔神经损伤至今鲜有文献报道[18]。目前认为，EMs 术后疼痛的出现主要与盆腔内脏神经及下腹下神经丛发出的膀胱支受损有关。双侧下腹下神经丛在下方供给骨盆内交感及副交感神经支配，盆腔交感与副交感神经在盆腔神经丛发生汇聚[19]。在行 EMs 手术过程中，如骶韧带切除则有可能损伤其外侧的腹下神经主干，而当主韧带切除时则同样有可能导致盆腔神经的损伤[20]。MRN 是对周围神经进行展现的有效方法，在诊断和评估外周神经疾病中得到了越来越广泛的运用[21-22]，可高清度呈现盆腔区域的解剖及盆腔神经的损伤程度，为 EMs 的影像学诊断提供客观的影像学依据。MRN 目前主要分为扩散加权法及重 T_2 脂肪抑制法，根据各种厂家的不同机型序列名称不同。

不同 3D 扫描序列下盆腔神经的 MRI 表现及对比

Zhao 等[23]的研究结果表明 MRN 可清晰显示上下肢及盆腔的神经，同时可以清楚地展示神经周围病变与其相邻关系。目前磁共振周围神经成像主要采用两种序列：第一是 T_2 或重 T_2 加权序列，第二则是反映水分子扩散特性的 DWI 扩散序列（DTI 也包括）。盆腔腰骶丛神经系统分布广泛，走形迂曲，很难在同一层面中显示完整。针对这一特点，磁共振一般多采用 3D 成像，3D-STIR-TSE 是应用了 3D 自旋回波结合 STIR 脂肪抑制技术的序列，该序列目前是周围神经成像首推的序列，利用此序列显示骶丛神经，可以为 EMs 患者评价骶丛神经异常提供依据[24-26]。吕银章等[27]的研究结果显示，3D-STIR 序列平扫及增强扫描都能清晰地展现盆腔神经的组成、走行、连续性、形态及信号。腰骶丛神经则表现出均匀且两侧对称的条状连续性高信号，与周围边界清晰，在初始位置同高信号的脊髓蛛网膜腔相接，向前、外、下方走行，对盆腔神经可进行清晰地展示。坐骨神经则经由梨状肌下孔出盆腔，向下走行直到离开成像范围，椎间孔附近神经节则表现出均匀类椭圆形高信号。

根据文献报道，相较于 EMs 的无痛患者，在 EMs 疼痛的患者 MRI 上可见到更多的神经丛与异位病灶密切相关[25]。MRN 通过利用多种三维成像序列，要显示周围神经就必须要突出周围神经结构的显示和抑制背景组织（主要是脂肪组织）。赵红金等[6]的研究显示，MRN 的横轴位 3D-BRAVO 序列及冠状位 3D-FIESTA 序列都可对骶丛、坐骨神经盆腔段进行显示。3D-BRAVO 是一种高分辨率的薄层 T_1 加权容积成像，又称为三维颅脑容积成像，由于此序列无层间隔，图像质量高，可以对原始图像进行任意方位重建，更容易发现细小病灶，综合以上优点，应用于外周神经成像方面，可同层面对盆腔神经进行展现，利用其高对比度的清晰解剖结构图像，对观察神经结构起到了重要作用。3D-FIESTA 则为一种稳态自由进动梯度回波技术，可使组织的 T_2WI 信号增加，T_1WI 信号降低，血液、脂肪和液体组织由于有着较大的 T_2/T_1 值而在 FIESTA 上表现为高信号，具有很高的对比度[28]。在 3D-BRAVO 序列中，神经呈显示连续的等至略低信号，而血管则表现为低信号，肌肉则表现为不均匀的噪声较大的等信号，脂肪呈高信号。在 3D-FIESTA 序列中，神经同样显示等至略低信号，肌肉也显示等至略低信号，而肌肉则呈现出更加清晰的层次感，同神经信号表现一致，而在细小神经的边界处则无法清楚辨别。在骶丛和坐骨神经盆腔段的成像效果中，在腰 5 阶段两者显示的优良率均达到 100%，而在骶 1 至骶 3 阶段中则提示 3D-BRAVO 的优良率均高于 3D-FIESTA。3D-BRAVO 信噪比较高，可清晰展现解剖结果，可采纳为优势序列。赵红金等[6]的研究结果表明，3D-FIESTA 图像在显示较粗大的如腰 5 及骶 1 神经时，信号全程均匀，较其他层面有着无可比拟的优势，但展现腰 4、骶 2、骶 3 等较为细小神经时，同周围结构界限不清，对于没有脑脊液烘托的外周神经难以进行准确识别。可联合 3D-BRAVO 和 3D-FIESTA 两种 MRN 神经成像序列用于盆腔神经的显示，在神经损伤的诊

断方面具有十分重要的意义[29]。

相较 T_1WI 序列，T_2WI 序列可更好地对解剖结构及病变信息进行展现，适用范围广、操作性强，且可重复操作，在周围神经成像领域得以广泛应用[30]。如采用 3D-T_2-SPACE 序列可进行高分辨率的多方向同性成像，其中脑脊液表现为高信号，血管及盆腔神经则呈低信号，表现为高对比度图像，有利于呈现盆腔区域解剖及血管、神经间的相关性[31]。在 3D-T_2-SPACE 序列中，可显示各向同性的高分辨率三维容积数据，神经则在低信号脑脊液的衬托下呈现出高信号，对占位性病变的检出提供了便利条件，对压迫神经的情况可进行更精确的显示[32-33]。3D-STIR-SPACE 序列的定义为利用了脂肪抑制技术的 3D-T_2-SPACE 序列，毛丽娟等[34]的研究结果显示，病例组中大部分有临床症状的 EMs 患者在 MRN 序列上表现出骶丛神经异常，利用了对比增强的盆腔 3D-STIR-SPACE 序列，可在最大程度上对盆腔高信号的脂肪背景给予抑制，不仅无盆腔血管及淋巴结的遮盖与重影，对骶丛神经的显示也有了进一步提升。在进行重建后，MIP 和 MPR 可将骶丛神经及 EMs 病灶进行更加精准地展现，诊断价值进一步提高。3D-VIBE 序列类似 T_1WI 效果，利用了多方向同性或类似多方向同性空间分辨力的 3D 射频扰相梯度回波序列进行采集数据，在强化的 3D-VIBE 序列上血管呈现出明显高信号，与此同时神经及正常软组织则表现出类似的等信号，同血管的显示形成很好的对比。由于 EMs 病灶在增强后往往未见明显强化，在 3D-STIR-SPACE 序列上可与高信号的神经纤维之间形成明显对比；但在 3D-VIBE 序列上，异位病灶与神经纤维都表现为等信号，很难展现出两者之间的关系。众多研究结果表明，较其他序列而言，3D-STIR-SPACE 序列可更加精确地显示 EMs 病灶与骶丛神经纤维之间的推移及粘连等情况[24]。将 3D-STIR 序列平扫及增强图像进行比较，发现淋巴结及小静脉等含水丰富组织在平扫背景下均表现为高信号，增强扫描时信号显著降低，3D-STIR 增强扫描可很大程度上提升背景抑制效果，使盆腔神经更加清楚地显示，利于观察，对 EMs 患者有助于推测病灶所在位置，指导手术入路及手术范围，有着很高的临床应用价值[27]。

综上所述，EMs 术前及术后疼痛可能与盆腔神经的侵犯或损伤有关，但目前对盆腔神经损伤的影像学诊断方法存在诸多不足。MRI 常规扫描对 EMs 病灶的诊断有着很高的敏感性及特异性，但对盆腔神经结构很难进行完整清晰的显示，故 MRI 常规扫描无法应用于 EMs 并发盆腔神经损伤的诊断。MRN 是无创且高精确度的影像学检查方法，对 EMs 并发盆腔神经的损伤可进行准确的定位定性诊断，通过观察术前及术后有无盆底神经的压迫或损伤，以期实现早期的影像学诊断，以便提高治疗效果，减少手术并发症和术后复发率，临床应用前景广阔，值得临床广泛推广应用。影像科医生应加强对 EMs 并发盆腔神经损伤的重视，协助明确诊断，为临床的进一步治疗提供更加科学准确的影像学依据，今后将对 EMs 并发盆腔神经损伤的 MRN 影像学表现继续深入研究。

参考文献：

[1] Martinez-Portilla RJ, Poon LC, Benitez-Quintanilla L, et al. Incidence of pre-eclampsia and other perinatal complications among women with congenital heart diseases: systematic review and meta-analysis[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2021, 58(4): 519-528.

[2] Asally R, Markham R, Manconi F. The expression and cellular localisation of neurotrophin and neural guidance molecules in peritoneal ectopic lesions[J]. Mol Neurobiol, 2019, 56(6): 4013-4022.

[3] 汪逸纯，张真真，万贵平. 子宫内膜异位症致疼痛的发生机制及治疗方法研究进展 [J]. 中国医药科学，2021，11(4) ：39-42.

[4] Vercellini P, Crosignani PG, Abbiati A, et al. The effect of sur-gery for symptomatic endometriosis: the other side of the story[J]. Hum Reprod Update, 2009, 15(2): 177-188.

[5] 陆叶，周应芳. 子宫内膜异位症疼痛的手术治疗[J]. 实用妇产科杂志，2015，31(9)：644-646.

[6] 赵红金，李强，刘胜全，等. 骶丛、坐骨神经盆腔段在磁共振神经成像术的解剖特征[J]. 中国矫形外科杂志，2019，27(6)：549-553.

[7] Howard FM. Endometriosis and mechanisms of pelvic pain[J]. J Minim Invasive Gynecol, 2009, 16(5): 540-550.

[8] Asally R, Markham R, Manconi F. The expression and cellular localisation of neurotrophin and neural guidance molecules in peritoneal ectopic lesions[J]. Mol Neurobiol, 2019, 56(6): 4013-4022.

[9] Peng B, Zhan H, Alotaibi F, et al. Nerve growth factor is associated with sexual pain in women with endometriosis[J]. Reprod Sci, 2018, 25(4): 540-549.

[10] 陆丽娟，强金伟. 卵巢子宫内膜异位囊肿的影像进展[J]. 放射学实践，2020，35(2)：242-245.

[11] 郭爱莲，马德花，卢彩霞，等. 197 例腹壁子宫内膜异位症患者的发病特点及临床诊治[J]. 山东医药，2021，61(4)：69-71.

[12] Fermaut M, Nyangoh TK, Lebacle C, et al. Deep infiltrating endometriosis surgical management and pelvic nerves injury[J]. Gynecol Obstet Fertil, 2016, 44(5): 302-308.

[13] Burkett BJ, Cope A, Bartlett DJ, et al. MRI impacts endometriosis management in the setting of image-based multidisciplinary conference: a retrospective analysis[J]. Abdom Radiol, 2020, 45(6): 1829-1839.

[14] 李玲琼，马捷，曾洪武，等. 子宫内膜异位症相关性卵巢癌的 MRI 特征[J]. 放射学实践，2020，35(5)：640-646.

[15] 陈琳，何乐，张玉琦，等. 磁共振周围神经成像技术[J]. 神经损伤与功能重建，2017，3(2)：145-147.

[16] Filler AG, Howe FA, Hayes CE, et al. Magnetic resonance neurography[J]. Lancet, 1993, 341(8846): 659-661.

[17] 粟小芸，孔祥泉，郑传胜. 磁共振周围神经成像在多发性神经病中的研究进展[J]. 临床放射学杂志，2019，38(11)：2216-2219.

[18] 熊磊，吴少平. MR 神经成像技术在周围神经损伤中的应用[J].

实用放射学杂志,2021,37(4):671-674.

[19] Parys BT, Woolfenden KA, Parsons KF. Bladder dysfunction after simple hysterectomy: urodynamic and neurological evaluation [J]. Eur Urol, 1990, 17(2): 129-133.

[20] Forsgren C, Altman D. Long-term effects of hysterectomy: a focus on the aging patient[J]. Aging Health, 2013, 9(2): 179-187.

[21] Yang D, Shen J, Xia X, et al. Preoperative evaluation of neurovascular relationship in trigeminal neuralgia by three-dimensional fast low angle shot(3D-FLASH) and three-dimensional constructive interference in steady-state(3D-CISS) MRI sequence[J]. Br J Radiol, 2018, 91(1085): 20170557.

[22] Li P, Liu P, Chen C, et al. The 3D reconstructions of female pelvic autonomic nerves and their related organs based on MRI: a first step towards neuronavigation during nerve-sparing radical hysterectomy[J]. Eur Radiol, 2018, 28(11): 4561-4569.

[23] Zhao L, Wang G, Yang L, et al. Diffusion-weighted MR neurography of extremity nerves with unidirectional motion-probing gradients at 3T: feasibility study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 200(5): 1106-1114.

[24] Zhang X, Li M, Guan J, et al. Evaluation of the sacral nerve plexus in pelvic endometriosis by threedimensional MR neurography [J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 45(4): 1225-1231.

[25] Mills M, Putbrese B, Allen H, et al. Lymphangiomatosis: a rare entity presenting with involvement of the sacral plexus[J]. Skeletal Radiol, 2018, 47(9): 1293-1297.

[26] Ceccaroni M, Clarizia R, Roviglione G. Nerve-sparing surgery for deep infiltrating endometriosis: laparoscopic eradication of deep infiltrating endometriosis with rectal and parametrial resection according to the negrar method[J]. J Minim Invasive Gynecol, 2020, 27(2): 263-264.

[27] 吕银章,孔祥泉,刘定西,等.3D-STIR 序列增强扫描在腰骶丛神经成像中的应用研究[J].临床放射学杂志,2011,30(2):231-234.

[28] 杨正汉,冯逢,王宵英,等.磁共振成像技术指南-检查规范、临床策略及新技术(修订版)[J].中国医学影像学杂志,2010,18(4):312.

[29] 刘胜全,张付龙,王巧玲,等.膝关节周围神经多层螺旋 CT、磁共振成像对照[J].中国矫形外科杂志,2017,9(4):892-896.

[30] Kazawa N, Shibamoto Y, Hirose Y, et al. The radiologic (CT/MRI)-pathological correlations of the salivary duct carcinoma (SDC) with hyaline degeneration and peripheral nerve invasion [J]. Dentomaxillofac Radiol, 2021, 50(7): 20200603.

[31] Arrighi-Allisan AE, Delman BN, Rutland JW, et al. Neuroanatomical determinants of secondary trigeminal neuralgia: application of 7T ultra-high-field multimodal magnetic resonance imaging[J]. World Neurosurg, 2020, 137(5): e34-e42.

[32] Chen W, Tsai Y, Weng H, et al. Value of enhancement technique in 3D-T_2-STIR images of the brachial plexus[J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(3): 335-339.

[33] Upadhyaya V, Upadhyaya D, Bansal R, et al. MR neurography in Parsonage-Turner syndrome[J]. Indian J Radiol Imaging, 2019, 29(3): 264-270.

[34] 毛丽娟,何绍富,王朝阳,等.对比增强 3D STIR SPACE 序列对子宫内膜异位症患者骶丛神经异常的显示[J].中山大学学报(医学科学版),2021,42(1):66-72.

(收稿日期:2021-11-19 修回日期:2022-02-25)