

3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 对脊髓硬脊膜动静脉瘘的诊断价值

欧阳烽, 吴钦, 袁小入, 余念祖, 金鹏卓, 陈晔, 尹明雪, 曾献军

【摘要】 目的:探讨可变翻转角三维 T₂ 加权快速自旋回波(3D-T₂-TSE)序列和 CE-MRA 检查对脊髓硬脊膜动静脉瘘(SDAVF)的诊断价值。**方法:**回顾 2018 年 5 月—2022 年 10 月在我院经手术和/或 DSA 确诊的 18 例 SDAVF 患者的临床及影像资料。所有患者行 CE-MRA 及 3D-T₂-TSE 序列 MRI 扫描,分析和比较两种检查方法及两者联合对 SDAVF 的定位诊断价值。**结果:**3D-T₂-TSE 序列对髓周畸形血管征的检出率为 100%(18/18),对瘘口的定位诊断符合率为 77.8%(14/18),对供血动脉的检出率为 55.6%(10/18),并可显示脊髓肿胀(17/18)及马尾区结构紊乱(15/18)等征象;CE-MRA 对瘘口、供血动脉及髓周畸形血管的检出率均为 83.3%(15/18)。结合 CE-MRA 与 3D-T₂-TSE 两种技术,对瘘口的定位符合率达 87.5%。**结论:**在 SDAVF 的定位诊断中,CE-MRA 与 3D-T₂-TSE 检查各具优势,对于后续 DSA 检查及外科手术均具有良好的参考价值;两种序列联合可提高诊断效能,获得不逊色于 DSA 的定位诊断符合率。

【关键词】 硬脊膜动静脉瘘;磁共振成像;数字减影血管造影;定位诊断

【中图分类号】 R445.2;R744.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)08-1001-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.08.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Diagnostic value of 3D-T₂-TSE and CE-MRA examinations in dural arteriovenous fistula OUYANG

Feng, WU Qin, YUAN Xiao-jin, et al. Imaging Department of the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the diagnostic value of 3D-T₂-weighted-sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip-angle evolutions (3D-T₂-TSE) sequence and contrast enhanced magnetic resonance angiography (CE-MRA) in spinal dural arteriovenous fistulae (SDAVF). **Methods:** The clinical and imaging data of 18 patients with SDAVF confirmed by surgery or digital subtraction angiography (DSA) in our hospital from May 2018 to October 2022 were reviewed. All patients underwent CE-MRA and 3D-T₂-TSE examinations. The localization value of the two methods in SDAVF was analyzed and compared. **Results:** Based on 3D-T₂-TSE sequence, the detection rates of perimedullary malformed vessel and feeding artery were 100% (18/18) and 55.6% (10/18) respectively, with a good fistula location accuracy of 77.8% (14/18); structural disorder of the cauda equina area sign was clearly shown in 15 cases (83.3%, 15/18), and spinal cord swelling was found in 17 cases (94.4%, 17/18). Based on CE-MRA examination, the detection rate for fistula, supplying artery, and perimedullary malformed vessels was equivalent, approximately 83.3% (15/18). When combining CE-MRA and 3D-T₂-TSE, the fistula location accuracy reached 87.5%. **Conclusion:** In the localization and diagnosis of SDAVF, CE-MRA and 3D-T₂-TSE sequences both have good performance, with good reference value for subsequent DSA examinations and surgical operations. When combining the two sequences, their advantages were complemented, with diagnostic performance comparable to DSA.

【Key words】 Dural arteriovenous fistula; Magnetic resonance imaging; Digital subtraction angiography; Topical diagnosis

作者单位: 330006 江西南昌,南昌大学第一附属医院医学影像科(欧阳烽、吴钦、袁小入、金鹏卓、陈晔、尹明雪、曾献军),神经外科(余念祖)

作者简介: 欧阳烽(1992—),男,江西吉安人,硕士研究生,住院医师,主要从事脑功能磁共振和分子影像学研究工作。

通讯作者: 曾献军, E-mail: Xianjun-zeng@126.com

基金项目: 江西省自然科学基金(20192ACBL20040);江西省教育厅一般项目(GJ7170080)

脊髓硬脊膜动静脉瘘(spinal dural arteriovenous fistulae,SDAVF)是脊髓血管畸形中最常见的类型,约占脊髓血管畸形的 70%,病因不明确,好发于中老年男性,常见于下胸段及腰段^[1]。其主要形成机制是供应硬脊膜或神经根的动脉在穿越椎间孔的硬脊膜时与脊髓的引流静脉直接沟通,可继发慢性髓静脉高压及脊髓缺血坏死,未能及时识别和治疗 SDAVF 将导致不可逆的神经功能障碍^[2],患者逐渐出现下肢无力、膀胱和性功能障碍,甚至截瘫^[3]。由于 SDAVF 的临床表现不具有特异性,常易被误诊为脊髓炎、髓内肿瘤、前列腺增生及椎管狭窄等疾病^[4]。DSA 检查是目前诊断脊髓血管畸形的金标准,然而其属于有创性检查方法,而且存在一定的操作难度和潜在风险^[5]。为此,我们对更为安全和易操作的 MRI 技术——可变翻转角三维 T₂ 加权快速自旋回波序列(3D-T₂-weighted-turbo spin echo,3D-T₂-TSE)和对比增强磁共振血管成像(contrast-enhanced MR angiography,CE-MRA)在诊断 SDAVF 中的临床应用价值进行了探讨,旨在加深对两种检查技术的认识,从而提升今后对 SDAVF 的定位诊断水平。

材料与方法

1. 一般临床资料

本回顾性研究获得了本院伦理委员会的批准(伦理编号:NO. 3-008,2022),所有患者自愿签署了扫描知情同意书。

搜集 2018 年 5 月—2022 年 10 月在本院经 DSA 和/或手术诊断的 18 例 SDAVF 患者的临床及影像资料。18 例中,男 14 例,女 4 例;发病年龄 44~68 岁,平均(58.8±7.0)岁;病程 2 天~19 年。主要临床症状有下肢乏力、麻木,2 例伴大小便功能障碍,症状缓慢进展或急性加重。

纳入标准:①同时完成了 3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 检查;②在 MRI 检查后 2 周内行 DSA 和/或外科手术而明确诊断,当 DSA 结果与手术结果不符时以手术结果为准;③图像质量符合诊断要求。排除标准:①临床资料不完整;②同时合并其它脊髓病变,如脊髓炎等。

2. MR 图像采集

使用 Siemens Magnetom skyra 3.0T 磁共振成像系统和 32 通道后路标准相控阵线圈,患者取仰卧位,扫描野中心位置的选取是根据既往的临床和/或放射学检查提示的瘘管位置,扫描方案在整个研究期间保持一致。

3D-T₂-TSE 序列冠状面扫描参数:TR 1510 ms,TE 135 ms,视野 280 mm×311 mm,矩阵 640×640,

层厚 0.4 mm,重建体素大小 0.4 mm×0.4 mm×0.4 mm,并行采集加速因子 2。

CE-MRA 扫描参数:TR 3.1 ms,TE 1.1 ms;翻转角 25°,视野 280 mm×311 mm,矩阵 448×364,层厚 1 mm,并行采集加速因子 3;重建体素大小为 1.0 mm×1.0 mm×1.0 mm。先采集一组平扫图像,以用于后期进行减影;随后经肘前静脉放置的 22 号静脉导管注射对比剂,使用高压注射器注射 15 mL 钆特酸葡胺(佳迪显),注射流率 4.5 mL/s。然后监测动脉内钆对比剂(颈段扫描监测主动脉弓、胸腰段扫描监测 Th₁₀水平腹主动脉),当对比剂到达目标血管使其管腔内信号明显增高后启动增强扫描,扫描序列为扰相梯度回波序列,扫描后同时获得原始图像和减影图像。

3. DSA 检查

由神经介入科医师使用 Philips UNIQ FD20/15 平板血管造影系统进行 DSA 检查,采用股动脉入路,将 3~5 mL 非离子型碘对比剂(300 mg I/mL)注射到预期动脉,以 3 帧/秒的速度连续采集图像,图像矩阵 2048×2048,视野 420 mm×420 mm。参考 CE-MRA 和 3D-T₂-TSE 检查结果,如果 2 种检查明确提示了瘘管位置,则进行选择性的动脉造影;如果未确定瘘管部位,则从最可能的范围内多次进行选择性的动脉造影,以明确瘘口的准确位置。

4. 图像分析

对 3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 图像分别使用最小密度投影和最大密度投影并分别结合多平面重组方法进行图像后处理,每组图像分别由两位影像科医师独立观察和评估所有图像。所有评估者对患者的临床资料及其它检查结果不知情。每位观察者记录观察到的征象,包括畸形血管的范围、供血动脉、瘘口水平、脊髓水肿和马尾区结构改变等征象。瘘口的定义为沟通脊髓引流静脉与硬脊膜/脊神经根供血动脉的局限性膨大,在 3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 图像上对瘘口的定位方法可参考相关文献报道^[6-7],对瘘口定位准确则视为诊断正确(图 1)。DSA 图像的评估由神经介入科医师在介入手术中完成。

5. 统计分析

使用 SPSS 26.0 统计分析软件进行数据分析。计量资料的描述采用均数±标准差的形式。观察者之间及不同检查技术之间对瘘口位置评估的一致性分析使用非加权 Kappa 检验(Kappa<0.40 为一致性较差;Kappa=0.41~0.60 为一致性中等;Kappa=0.61~0.80 为一致性较好;Kappa>0.80 为一致性很好)。以手术结果作为确诊金标准,采用 Fisher 精确概率法比较各种检查序列/方法对 SDAVF 的瘘口位置的定位诊断符合率。以 P<0.05 为差异具有统计学意义。

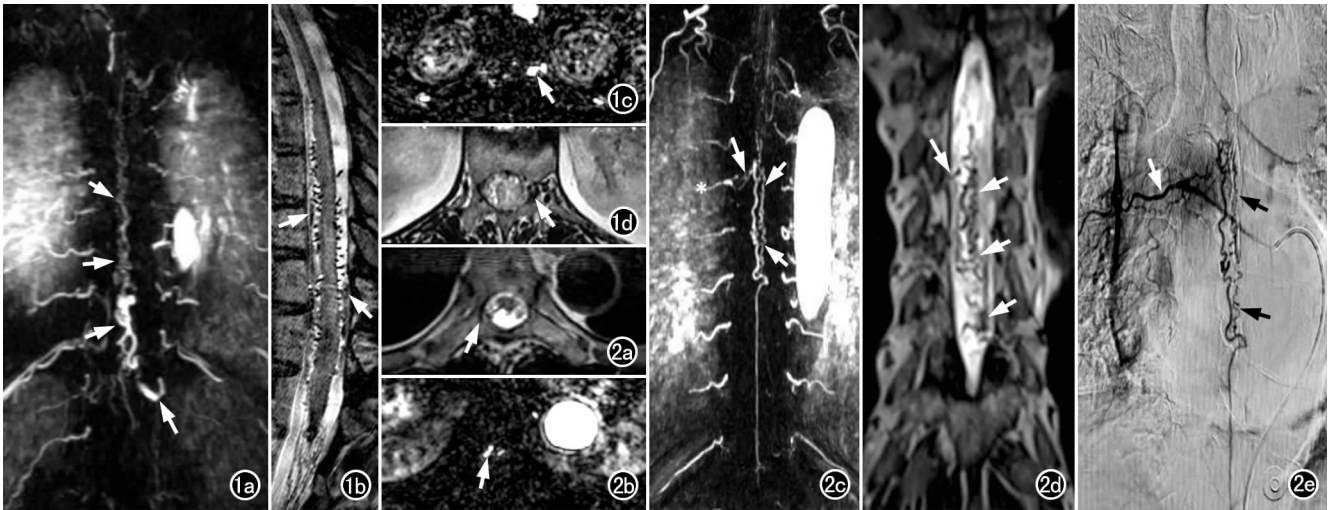


图 1 患者,女,64 岁,因双下肢疼痛、乏力 3 月余入院。a)CE-MRA MIP 图像,显示瘘口位于左侧 L₁₋₂ 水平(长箭),Th₈—L₁ 椎体范围髓周可见迂曲扩张的血管(短箭);b)矢状面 TSE 图像,示脊髓周围有大量增粗迂曲的低信号血管影(箭);c)CE-MRA 原始横轴面图像,示膨大的瘘口(短箭);d)TSE 横轴面图像,显示硬脊膜区瘘口(箭)。

图 2 患者,男,58 岁,因双下肢麻木 2 月余入院。a)TSE 轴面图像,显示硬脊膜区稍膨大的瘘口(箭);b)原始 CE-MRA 横轴面图像,显示膨大的瘘口位于右侧 Th₆ 椎体水平(箭);c)CE-MRA MIP 图像,显示供血动脉(星)、瘘口位置(长箭)及髓周扩张迂曲的血管(短箭);d)冠状面 TSE 图像,显示瘘口的位置(长箭)及 Th₃—Th₆ 椎体范围髓周畸形血管(短箭);e) DSA 图像,显示供血动脉为右侧第 6 肋间动脉(白箭)及髓周畸形的血管团(黑箭)。

表 1 观察者之间及不同检查技术之间对瘘口定位的一致性分析

分析对象	3D-TSE			CE-MRA		
	一致率	Kappa 值 (95%CI)	P 值	一致率	Kappa 值 (95%CI)	P 值
2 位观察者	14/18	0.76 (0.57~0.96)	<0.001	15/18	0.82 (0.64~1.00)	<0.001
DSA 检查	12/18	0.65 (0.43~0.87)	<0.001	13/18	0.71 (0.50~0.92)	<0.001

结 果

如表 1 所示,将 18 例 SDAVF 患者纳入分析,基于 3D-T₂-TSE 图像,两位评估者对瘘口位置的评估结果的一致性较好(kappa=0.76,95%CI:0.57~0.96);基于 CE-MRA 图像,两位评估者对瘘口位置的定位结果的一致性为很好(kappa=0.82,95%CI:0.64~1.00)。此外,在 18 例患者中,12 例患者 3D-T₂-TSE 序列瘘口定位结果与 DSA 一致,2 种检查间的一致性较好(kappa=0.65,95%CI:0.43~0.87)。CE-MRA 与 DSA 检查对 13 例患者的瘘口定位相吻合,两者间的一致性较好(kappa=0.71,95%CI:0.50~0.92)。

不同检查技术对 SDAVF 征象的检出情况见表 2。18 例 SDAVF 患者均进行了 DSA 检查,共检出瘘口位置 15 例(83.3%)。16 例患者进行了外科手术,包括 13 例 DSA 检出和 3 例 DSA 未检出患者。根据评估者间协商一致的结果,CE-MRA 正确检出瘘口位置 15 例(83.3%),另外 2 例定位不准确,1 例患者未显示病灶;T₂-TSE 序列正确检出瘘口位置 14 例(77.8%),其中 1 例因第一骶椎移行椎变异而导致两

位评估者对椎体定位时出现偏差。此外,3D-T₂-TSE 序列显示 17 例(94.4%)伴有脊髓水肿,表现为脊髓内节段性高信号影;15 例(83.3%)可见马尾区结构紊乱和/或马尾神经束增粗、在 T₂WI 上信号增高。。

表 2 三种检查技术对 SDAVF 征象的显示情况 /例

指标	DSA	3D-TSE	CE-MRA
瘘口	15(83.3%)	14(77.8%)	15(83.3%)
供血动脉	15(83.3%)	10(55.6%)	15(83.3%)
引流静脉	15(83.3%)	18(100%)	15(83.3%)
脊髓水肿	NA	17(94.4%)	NA
马尾区结构紊乱	NA	15(83.3%)	NA

注:NA,不适用。

在外科手术确诊的 16 例 SDAVF 患者中,女 3 例,男 13 例;8 例发生于胸段,8 例发生于腰段;瘘口位于左侧 9 例,右侧 6 例,双侧瘘口 1 例。对瘘口位置的定位诊断,3D-T₂-TSE 序列的符合率为 75%(12/16),CE-MRA 为 81.3%(13/16),上述两种技术联合时为 87.5%(14/16),DSA 检查为 81.3%(13/16)。4 种方法对瘘口的定位诊断符合率的差异无统计学意义($\chi^2=0.94,P=0.97$)。

讨 论

SDAVF 是一种罕见疾病,一经发现即建议尽快进行手术治疗,早期及时干预方有可能逆转神经功能障碍的结局^[8-9]。以往研究发现,若常规 MRI 同时存在脊髓水肿及髓周流空血管征,诊断 SDAVF 的敏感度为 100%;如果 2 个征象均无,则基本可排除 SDAVF 的诊断^[10]。这与本研究的观察结果一致。虽然髓周畸形血管征对于脊髓血管畸形的筛查特异度很高,但是有部分的病例常规 MRI 无法检出病变^[1,11];而脊髓水肿尚未被证明是 ADAVF 的特异性筛查指标。本研究中 3D-T₂-TSE 序列对髓周畸形血管征的检出率高达 100%,与既往研究结果一致。3D-T₂-TSE 序列是一种高分辨成像技术,无需使用对比剂,通过使用不同的翻转角度进行空间优化,提供了脊髓与脑脊液之间的良好对比,并减轻了脑脊液搏动伪影,与常规 T₁WI、T₂WI 序列相比其扫描层厚更薄,对于细节的显示更佳,更有助于对髓周畸形流空血管的检出,不仅可以用于 SDAVF 的筛查,并可进行初步诊断及定位^[12]。

既往 Kannath 等^[6]对 16 例 SDAVF 患者的回顾性研究发现,基于 3D-T₂-TSE 序列,观察者对 SDAVF 的诊断和瘘口定位符合率均>80%。本研究中共纳入了 18 例 SDAVF 患者,两位评估者对瘘口的定位诊断符合率分别为 77.8%和 83.3%,评估者间的一致性较好。但是此序列上 SDAVF 瘘口及供血血管与椎管外骨骼、软组织信号的对比较差,给瘘口及供血动脉的评估带来了挑战,这可能是此序列最大的缺陷所在。笔者认为,在 3D-T₂-TSE 图像上提示为 SDAVF 的征象主要有以下几点:①髓周可见蛇形、蚯蚓状低信号流空血管影;②硬脊膜区局限性稍膨大的低信号,常见于神经根袖套附近;③脊髓水肿呈高信号;④胸腰段 SDAVF 常可见马尾神经紊乱和肿胀等。通过对髓周畸形引流静脉进行追踪,可以对瘘口位置进行较好定位,瘘口通常位于硬脊膜区髓周畸形引流静脉截断处。

与 3D-T₂-TSE 序列不同,CE-MRA 技术应用对比剂,使得病变血管与周围组织之间形成了更好的对比,基于剪影技术使得畸形血管能够清楚显示,可以直观观察瘘口、引流静脉和供血动脉^[7]。SDAVF 于 CE-MRA 序列的典型表现:①髓周有匍匐、蚓状的畸形静脉;②椎管硬膜区局限性稍膨大的瘘口;③椎管外可见增粗迂曲的供血动脉(多为肋间动脉或腰动脉的脊膜支),与瘘口和畸形静脉相延续。既往研究结果显示,CE-MRA 对 SDAVF 患者瘘口的定位符合率可达 81%^[7,12],与我们的研究结果类似。本研究中有 3 例患者显影差,原因可能与动脉粥样硬化、血管痉挛及血

栓引起的管腔狭窄致对比剂无法通过或与扫描时相不准确有关,预扫描对后者或许会有所帮助。

3D-T₂-TSE 与 CE-MRA 两种检查各具优势^[13]。对于髓周畸形血管征,3D-T₂-TSE 序列的敏感度高,且观察到的髓周畸形血管的范围要较 CE-MRA 的范围更大,而 CE-MRA 能较好地显示畸形引流血管密集段,对于远端的显影欠佳,原因可能与病变静脉内高压影响了对比剂充盈有关。而对供血动脉的显示,对比剂为 CE-MRA 带来了良好的组织对比,使得瘘口、供血动脉及引流静脉显示更清晰^[14]。此外,3D-T₂-TSE 序列能够显示更多的伴随征象,如脊髓水肿以及马尾区结构紊乱征、神经源性膀胱引起的双肾积水等。在 3D-T₂-TSE 图像上,我们观察到大部分胸、腰段 SDAVF 患者的马尾神经出现肿胀、紊乱的表现,这些患者均无明显椎管狭窄,推测马尾区的变化可能与 SDAVF 继发的马尾神经缺血、缺氧、水肿和畸形引流血管干扰正常马尾神经纤维的走行有关。

值得一提的是,本研究结果显示 3D-T₂-TSE 联合 CE-MRA 检查对 SDAVF 的瘘口的定诊断符合率高于 DSA。DSA 一直以来被视为诊断脊髓血管畸形的金标准^[15],在本研究中有 3 例 DSA 检查阴性者,最终由外科手术确诊,其中 2 例患者的病变可被 3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 所检出。我们通过查阅相关文献^[15,16],推测 DSA 假阴性出现的可能原因有:① SDAVF 血管内血栓形成或动脉粥样硬化以及侵入性检查诱发供血血管痉挛,导致管腔狭窄或闭塞,对比剂无法通过而未能显影;②造影检查中责任血管被忽略或跳过。事实上,DSA 检查阴性往往意味着更长耗时、对比剂用量更多,长时间的手术会增加患者的不适甚至加重病情。相比而言,3D-T₂-TSE 序列和 CE-MRA 检查无辐射,检查费用更低,而且后者的对比剂用量较小,相对更为安全,而诊断效能却不逊色于 DSA 检查。将 3D-T₂-TSE 与 CE-MRA 两种检查手段相结合,以 3D-T₂-TSE 序列对髓周流空血管征的高检出率和对马尾区结构紊乱征、脊髓水肿的较好显示能力,以及 CE-MRA 对瘘口、供血动脉和髓周畸形引流静脉的直观显示,可以做到优势互补,而且 2 个序列的扫描可无缝衔接,总扫描时间不到 20min,且操作简便。

本研究存在一定的局限性:首先就是样本数量较少;其次,回顾性研究以及人工评估的主观性可能带来一定的偏倚;再者,在扫描视野的确定上,少部分图像的扫描视野不够,影响了对马尾区结构紊乱这一征象的全面观察。我们总结认为,3D-T₂-TSE 序列扫描视野的放置范围至少应该包括 Th₄~L₃ 区域,才能保证对胸腰段 SDAVF 病变特征的较好显示;同时,不宜使

用腹部线圈,因为这样会带来更大的脑脊液搏动伪影。

综上所述,3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 检查在 SDAVF 的定位诊断中均具有较好的表现,虽然准确性均未超过 DSA,但是两者联合的诊断效能更优,且更安全便捷。尤其是在 DSA 检查存在一定的失败率的情况下,3D-T₂-TSE 和 CE-MRA 检查对 SDAVF 的良好诊断效能可以增加我们打破现有金标准的信心,并可能因此避免不必要的漏诊和延误诊治。

参考文献:

- [1] Du B, Liang M, Fan C, et al. Clinical and imaging features of spinal dural arteriovenous fistula: clinical experience of 15 years for a major tertiary hospital[J/OL]. World Neurosurg, 2020, 138: e177-e182. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2020. 02. 058.
- [2] 徐田明, 蔡栋阳, 薛绛宇, 等. 硬脊膜动静脉瘘诊断、治疗和预后进展[J]. 介入放射学杂志, 2021, 30(12): 1300-1304.
- [3] Alhendawy I, Homapour B, Chandra RV, et al. Acute paraplegia in patient with spinal dural arteriovenous fistula after lumbar puncture and steroid administration: A case report[J/OL]. Int J Surg Case Rep, 2021, 81: e105797. DOI: 10. 1016/j. ijscr. 2021. 105797.
- [4] Ouyang Y, Qu Y, Dong RP, et al. Spinal dural arteriovenous fistula 8 years after lumbar discectomy surgery: a case report and review of literature[J]. World J Clin Cases, 2021, 9(20): 5594-5604.
- [5] Mielke D, Kallenberg K, Hartmann M, et al. Paraplegia after contrast media application: a transient or devastating rare complication? Case report[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 24(5): 806-809. DOI: 10. 3171/2015. 5. SPINE15114.
- [6] Kannath SK, Alampath P, Enakshy Rajan J, et al. Utility of 3D TSE T₂-weighted volumetric sequence in the localization of spinal dural arteriovenous fistula[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 5(1): 125-132.
- [7] 葛宇曦, 徐雷鸣, 孙建忠, 等. 三维动态增强 MR 血管成像判断硬脊膜动静脉瘘瘘口位置的作用[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(8): 621-624.
- [8] Jablawi F, Schubert GA, Dafotakis M, et al. Long-term outcome of patients with spinal dural arteriovenous fistula: the dilemma of delayed diagnosis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2020, 41(2): 357-363.
- [9] Krishnan D, Viswanathan S, Rose N, et al. Clinical heterogeneity of low flow spinal arteriovenous fistulas; a case series[J/OL]. BMC Neurol, 2021, 21(1): e366. DOI: 10. 1186/s12883-021-02394-3.
- [10] Toossi S, Josephson SA, Hetts SW, et al. Utility of MRI in spinal arteriovenous fistula[J]. Neurology, 2012, 79(1): 25-30.
- [11] Kannath SK, Rajendran A, Thomas B, et al. Volumetric T₂-weighted MRI improves the diagnostic accuracy of spinal vascular malformations: comparative analysis with a conventional MR study[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(10): 1019-1023.
- [12] Uetani H, Hirai T, Kitajima M, et al. Additive value of 3T 3D CISS imaging to conventional MRI for assessing the abnormal vessels of spinal dural arteriovenous fistulae[J]. Magn Reson Med Sci, 2018, 17(3): 218-222.
- [13] Kannath SK, Mandapalu S, Thomas B, et al. Comparative analysis of volumetric high-resolution heavily T₂-weighted MRI and time-resolved contrast-enhanced MRA in the evaluation of spinal vascular malformations[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(9): 1601-1606.
- [14] 刘城霞, 朱文珍. 脊髓血管畸形: MRI 和 CE-MRA 的诊断价值[J]. 放射学实践, 2014, 29(3): 272-275.
- [15] 何跃, 于加省, 陈如东, 等. 旋转数字减影血管造影加重重建技术在硬脊膜动静脉瘘诊断及治疗中的应用[J]. 放射学实践, 2012, 27(12): 1387-1390.
- [16] Alkatie S, Tanweer O, Hutton GJ, et al. Clinical reasoning: a 57-year-old man with stepwise progressive paraparesis, sensory loss, urinary retention, and constipation [J/OL]. Neurology, 2022, 98(5): e555-e560. DOI: 10. 1212/WNL. 0000000000013090.

(收稿日期: 2022-10-19 修回日期: 2023-02-04)