

硬脊膜动静脉瘘诊疗专家共识(2025 版)

中华医学会神经外科学分会

通信作者:朱涛,天津医科大学总医院神经外科,天津 300052, Email: zhutao5@126.com;

张鸿祺,首都医科大学宣武医院神经外科,北京 100053, Email: hqzh@vip.163.com

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN417)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20250331-00096

硬脊膜动静脉瘘(spinal dural arteriovenous fistulas, SDAVF)是最常见的脊髓血管畸形^[1]。目前,国内外尚缺乏 SDAVF 相关诊疗规范,部分临床医生对该病认识不足,导致该病极易被误诊、误治。因此,中华医学会神经外科学分会组织制订《硬脊膜动静脉瘘诊疗专家共识(2025 版)》,为 SDAVF 的诊疗提供规范化参考依据。本文将重点介绍 SDAVF 的流行病学、病因学、病理生理学、临床和影像学表现、诊断方法、治疗和预后。

一、专家共识的制订方法

本共识制订采用会议制订法,共识的设计制订严格遵循《中国制订/修订临床诊疗指南的指导原则(2022 版)》^[2]。2024 年 2—11 月,由天津医科大学总医院神经外科朱涛教授和首都医科大学宣武医院神经外科张鸿祺教授共同发起,依托中华医学会神经外科学分会,组织国内脊髓血管病领域的专家,成立共识编写委员会(以下简称“编委会”)。

编委会根据职责分为共识指导组、证据评价与撰写组、专家共识组和外审组。其中,共识指导组由 1 名学术顾问、2 名专家组组长和 1 名方法学家组成,其主要职责为监督指导共识制订过程和审定共识全文;方法学专家全程参与指导证据的检索、评价及分级。证据评价与撰写组由发起人单位的多名资深临床专家组成,主要职责为共识注册和撰写计划书、提出具体临床问题,对确定的临床问题进行证据检索、评价及分级,执笔撰写和修改推荐意见。证据评价与撰写组系统检索了 PubMed、EMBASE、Cochrane Library、中国知网、万方数据知识服务平台等从建库起至 2024 年 10 月发表的文献,英文检索词为“spinal dural arteriovenous fistula”“spinal arteriovenous fistula”“spinal arteriovenous malformation”等,中文检索词为“硬脊膜动静脉瘘”等,涵盖的文献类型包括荟萃分析、原始临床研究、综述以及个案报道等。采用推荐意

见分级评估、制定和评价(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE)标准对证据和推荐意见进行分级(表 1)。对部分无直接证据支持的临床问题,依据专家的临床经验,形成基于专家共识的推荐意见。专家共识组由本领域全国知名的专家组成,其主要职责是对提出的临床问题及初拟的推荐意见进行多次的讨论修订。编委会组织专家共识组成员于 2024 年 8 月 14 日启动推荐意见调查反馈,于 2024 年 12 月 9 日邀请 22 名专家参与线上和线下讨论会,根据讨论意见进一步修改,所有推荐意见均达成共识(每条推荐意见共识率 > 85%)。外审组由 3 名本领域经验丰富但未参与共识制订的专家组成,其主要职责为评审共识最终版,对共识存在的重大风险或问题,以及具体的推荐意见内容提出建议。所有编委会成员均填写了利益声明表,所有成员均不存在与本共识直接的利益冲突,且参与了共识制订的全过程。

二、流行病学

SDAVF 相对罕见,年发病率约为 5/100 万 ~ 10/100 万^[3];多见于中老年男性,平均年龄为 61 岁,男女发病比例约为 3.7 : 1^[4]。SDAVF 约占所有脊髓血管畸形的 60% ~ 80%,常发生于下胸段和上腰段(A 级证据)。据统计,约 80% 的 SDAVF 瘘口位于 T₆ ~ L₂,4% 位于骶尾部,2% 位于颅颈交界区。绝大部分 SDAVF 为单一瘘口,多发瘘口较为罕见,仅占 0.5% ~ 4%^[1](A 级证据)。具体的流行病学特征尚需更多高质量研究证据(专家共识)。

三、病因学

SDAVF 的确切病因尚不清楚,但普遍被认为是后天获得性疾病^[5](B 级证据)。SDAVF 可能的致病因素或病因包括脊柱和脊髓的创伤、退变、手术、动脉高压及肿瘤等^[6-11],但缺乏可靠的证据支持(专家共识)。其可能的发病机制为神经根袖套与邻近的

表 1 推荐意见分级评估、制定和评价 (GRADE) 标准

项目	内容
证据质量分级	
高 (A 级)	非常有把握:观察值接近真实值
中 (B 级)	对观察值有中等把握:观察值有可能接近真实值,但亦有可能差别很大
低 (C 级)	对观察值的把握有限:观察值可能与真实值有很大差别
极低 (D 级)	对观察值几乎无把握:观察值与真实值可能有极大差别
推荐强度分级	
强 (1 级)	明确显示干预措施利大于弊或弊大于利
弱 (2 级)	利弊不确定或无论证据质量高低均显示利弊相当

硬脊膜区域动、静脉之间存在潜在的通路,在致病因素的作用下潜在通路开放形成 SDAVF。然而,目前所有学说均缺乏可靠的证据。

四、病理生理学

SDAVF 的病理生理学特征是脊髓硬膜的供血动脉和脊髓的引流静脉系统之间在硬脊膜区域形成异常沟通^[12],压力较高的动脉血直接进入脊髓静脉系统,从而导致髓周静脉压力逐渐升高,进而使正常的脊髓静脉回流受阻,导致脊髓的水肿、缺血、脱髓鞘改变甚至坏死^[13-14] (A 级证据)。SDAVF 的瘘口通常位于椎间孔区的神经根袖套区域,供血动脉多数为神经根动脉的硬膜支,硬膜下的引流静脉通常起始于神经根出口附近的硬膜内侧,少部分位于神经根之间^[15],引流静脉主要是神经根髓静脉 (60%) 或桥静脉 (40%)^[16],下胸椎和腰椎区域的根静脉相对较少且纤细,因此胸腰段脊髓更容易发生血流动力学异常^[17]。同时,血管壁顺应性较高的引流静脉内部压力增高,髓周静脉逐渐出现迂曲、扩张并向头尾两端延伸,管壁形态逐渐动脉化 (A 级证据)。大多数胸段 SDAVF 的迂曲引流静脉位于脊髓背侧^[18]。

五、症状和体征

多数 SDAVF 患者病程较长,临床表现多为慢性、进行性脊髓功能受损症状,如双侧下肢无力、麻木、脚踩棉花感、便秘、排尿费力甚至尿潴留等^[1,19-22];与其他脊髓、脊柱疾病 (炎症、肿瘤、退行性病变等) 相比缺乏特异性 (A 级证据)。急性病程者较为少见,仅约 5% 的患者呈急性起病,可因发热、大汗或腹泻等体液大量流失而被诱发,部分患者的症状呈短期缓解后持续渐进性加重^[23]。SDAVF 患者最常见的主诉症状为下肢无力,通常累及双侧,大多不对称,约 24% 的患者表现为单侧肢体无力^[1]。起病时约 50% 的患者会发生感觉障碍,多累及双侧,

呈弥漫性或区域性,多不对称。当脊髓水肿累及颈髓时,可出现相应的上肢感觉、运动功能障碍。值得注意的是,排便障碍的出现通常早于上述症状,是 SDAVF 患者最早的症状,但常常被忽略。由于 SDAVF 的病程较长、起病症状隐匿、临床症状缺乏特异性,由症状出现至明确诊断的平均时间为 14.7 个月^[4],约 78% 的患者被误诊为脊髓炎、腰椎间盘突出、前列腺增生、便秘等并接受药物甚至手术治疗^[24-25]。近年来,随着医学影像学技术的进步及临床医生对 SDAVF 认识的加深,该病的误诊率已显著下降。

颅颈交界区 SDAVF 可表现为脑干及颈髓水肿引起的临床症状或后循环蛛网膜下腔出血相关症状,为 SDAVF 的特殊类型^[26]。其患者常常表现为四肢麻木、无力、排便和排尿障碍等症状,累及脑干者可伴有饮水呛咳、呼吸困难、咳嗽及咳痰无力等症状^[27]。蛛网膜下腔出血时可表现为突发的头颈部疼痛、恶心、呕吐等症状,少数患者可伴有意识障碍甚至呼吸心跳骤停等表现。

六、影像学检查

1. 常规 MRI:常规 MRI 是 SDAVF 最主要的非侵入性筛查手段。其特征性表现:(1) T2 加权成像 (T2WI) 表现为脊髓高信号 (一般≥3 个节段),提示脊髓水肿,好发于下胸段和脊髓圆锥,常规 MRI 检出率约为 91.89%^[28];极少数患者的高信号影内可见低信号影,提示存在出血、坏死。(2) 脊髓表面异常流空信号影,呈“串珠”样或“虫蚀”样改变,为扩张、迂曲的髓周引流静脉, MRI 检出率约为 70.27%^[28]。扩张静脉多位于脊髓背侧,但颅颈交界区的扩张静脉多位于脊髓腹侧,这可能与瘘口的位置及髓周蛛网膜下腔的宽度相关。异常引流静脉在脊髓圆锥以下时,血管迂曲不明显,尤其是骶尾部 SDAVF,引流静脉常与马尾神经或终丝伴行,因不易

被识别而易漏诊。脊髓水肿范围及引流静脉的迂曲程度与临床症状的严重程度呈正相关。在疾病晚期,脊髓可因慢性缺血缺氧而萎缩。(3)增强 MRI 有助于提高迂曲引流静脉尤其是管腔扩张不明显者的检出率,其表现为髓周迂曲、扩张的增强血管影。部分患者水肿的脊髓呈不规则片状强化,与进行性静脉高压致血-脊髓屏障破坏有关,提示脊髓缺血坏死,通常预后不良。约 43% 的患者脊髓内可见不连续强化,呈特征性“缺片征”(missing-piece sign)^[29],提示该区域的静脉回流相对较好。常规 MRI 显示的脊髓水肿和脊髓表面迂曲扩张的引流静脉是诊断 SDAVF 的相对特异性征象,但常规 MRI 难以确定瘘口位置。

推荐意见:对于临床怀疑 SDAVF 的患者,如无 MRI 禁忌证,应行常规 MRI 筛查(A 级证据,1 级推荐)。

2. 三维非增强 MRI 序列:近年来,随着三维 MRI 技术的快速发展,三维构造性干扰稳态(three-dimensional constructive interference steady state, 3D-CISS)、三维快速稳态进动平衡(three-dimensional fast imaging employing steady state acquisition, 3D-FIESTA)和三维可变翻转角快速自旋回波(three-dimensional sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolutions, 3D-SPACE)等序列已具备亚毫米体素分辨率及良好的信噪比,脑脊液流动伪影明显减轻,脊髓与脑脊液的对比度良好,有助于检出脊髓周围迂曲、扩张的引流静脉,且可进行多平面重组,通过观察引流静脉的走行而定位瘘口,有助于 SDAVF 的诊断^[30-31]。SDAVF 的瘘口通常位于靠近脊神经根的硬膜区域和引流静脉相对集中、粗大的引流静脉起始部,瘘口有椎管内外血管相连续,通过追踪引流静脉起源可发现其在某一硬脊膜区域突然终止,即为接近瘘口的位置^[32]。

推荐意见:若常规 MRI 上出现脊髓水肿和脊髓表面迂曲、扩张的引流静脉两个较为特异的征象,建议行三维非增强 MRI 序列筛查,以初步明确瘘口的位置(A 级证据,2 级推荐)。

3. 对比增强磁共振血管成像(contrast-enhanced magnetic resonance angiography, CE-MRA):对 MRI 上高度怀疑 SDAVF 的患者,可进一步行脊髓 CE-MRA 检查以明确瘘口位置,观察脊髓血管的病变类型及走行等。通过三维高时间分辨率动态增强磁共振血管造影(contrast-enhanced MR angiography using three-dimensional time-resolved imaging of

contrast kinetics, 3D-TRICKS)技术可获得数字减影 CE-MRA 电影图像,其具有高时间分辨率、高成功率、高空间分辨率的特征,可动态、清晰地显示全身各个部位的血管及其异常。基于 3D-TRICKS 技术的 CE-MRA 可检出并定位 SDAVF 的供血动脉及瘘口,从而指导脊髓数字减影血管造影(DSA)检查,且其与 DSA 结果的一致性较好^[33]。

SDAVF 在 CE-MRA 上的典型表现:(1)椎间孔区可见增粗的供血动脉。(2)髓周有迂曲、扩张的引流静脉与供血动脉相连。(3)供血动脉与引流静脉之间的硬脊膜区域即为瘘口的位置。瘘口附近的引流静脉常较远端更粗、更迂曲,故供血动脉显示不清时,可通过观察引流静脉的表现寻找瘘口位置。

Bowen 等^[34]报道,MRA 诊断 SDAVF 的灵敏度和特异度分别为 91% 和 78%。Bink 等^[35]报道 MRA 诊断 SDAVF 的准确性达 92% ~ 100%。联合 3D 非增强 MRI 序列与基于 3D-TRICKS 技术的 CE-MRA 序列可显著提高 SDAVF 瘘口的检出率。

推荐意见:对于 MRI 怀疑 SDAVF 的患者,若无严重肾功能不全或钆对比剂过敏,建议行动态 CE-MRA 筛查,以进一步明确诊断及瘘口的位置(A 级证据,1 级推荐)。

4. CT 血管成像(CTA):CTA 也可用于 SDAVF 的筛查,当患者有 MRI 检查禁忌证或钆对比剂过敏时,可选择 CTA 筛查 SDAVF。与 CE-MRA 相比,多排螺旋 CTA 扫描时间短、范围大,可采用多种后处理技术观察供血动脉、引流静脉及瘘口,可以明确病变与周围骨性结构的关系;其不足之处在于对软组织的分辨率较低、无法显示脊髓水肿,且存在 X 线电离辐射及碘对比剂相关不良反应的风险^[36-37]。SDAVF 在 CTA 与 CE-MRA 上的典型表现大致相同。CTA 对 SDAVF 瘘口及供血动脉的检出率约为 73% ~ 100%^[38-39]。联合 CTA 与 CE-MRA 两种技术,可优势互补,显著提高 SDAVF 瘘口及供血动脉的检出率。此外,CTA 和 CE-MRA 对多瘘口 SDAVF 的诊断较 DSA 具有一定优势。

推荐意见:对于临床怀疑 SDAVF 的患者,若有 MRI 检查禁忌证、钆对比剂过敏,或 MRI 联合 MRA 检查结果怀疑 SDAVF,但仍未明确瘘口,且无碘对比剂过敏和肾功能不全,可行 CTA 筛查,以明确诊断及瘘口的位置(A 级证据,1 级推荐)。

5. DSA:DSA 是诊断 SDAVF 的“金标准”,可以实时、准确地观察瘘口、供血动脉及引流静脉^[1]。医生可根据 MRA 和 CTA 的筛查结果,对可疑瘘口

附近的脊髓血管进行针对性的超选造影检查,从而减少曝光时间,降低 X 线辐射剂量和减少对对比剂的使用,尤其对于高龄、血管迂曲、动脉粥样硬化斑块较多等诊断存在困难的患者。SDAVF 在 DSA 上的典型表现:在节段性动脉造影的动脉期,椎间孔区出现与节段动脉细小分支相连的早显、粗大的扩张静脉,管径骤然变化部位即为瘘口所在位置,向中线走行,之后在脊髓表面形成迂曲、扩张的引流静脉,再经脊髓前、后静脉向上方或下方引流数个椎体节段后汇入其他根静脉,向椎管外引流。SDAVF 引起的脊髓静脉系统高压可导致引流根静脉数量减少,脊髓静脉引流功能下降。

完整的全脊髓血管造影应包含双侧椎动脉、双侧锁骨下动脉(含甲状颈干、肋颈干和胸廓内动脉等)、肋间动脉、腰动脉、骶正中动脉和骶内动脉,颈段尤其是寰枕交界区 SDAVF 还应包括双侧颈总动脉造影。当 MRA 或 CTA 检查提示瘘口位置明确时,可以仅行瘘口、瘘口对侧及瘘口上、下 2~3 个椎体节段的 DSA 检查,以明确是否存在相邻节段的硬膜吻合支供血,并尽量减少检查时间及 X 线辐射剂量;当瘘口不明确时,应根据 MRI 上脊髓水肿及血管流空影范围进行相应节段动脉的造影检查,原则上造影节段动脉的范围应不小于上述范围,且需要明确正常脊髓前、后动脉的发出及分布情况,为进一步治疗提供支持。若经上述范围的造影仍未能显示瘘口,则应逐级向上或向下造影^[1]。发现病变后可从不同角度进行显影,进一步明确瘘口位置、供血动脉和引流静脉的情况。锥体束 CT 是将三维断层成像技术运用至 DSA 平板探测器系统,可以更清晰地显示 SDAVF 血管解剖结构及其与邻近解剖结构的关系,进一步提高 DSA 的诊断能力,为术中精准定位提供骨性定位标志^[40]。颅颈交界区 SDAVF 的供血动脉容易被遗漏,因此,表现为蛛网膜下腔出血和脑干水肿的患者行 DSA 检查时不仅应包含椎动脉,还需行颈总动脉及锁骨下动脉分支的血管造影,要特别关注该部位脊髓前、后动脉是否存在软膜支向瘘口供血及是否存在动脉瘤样结构^[41]。

推荐意见:DSA 是诊断 SDAVF 的“金标准”。对于临床怀疑 SDAVF 且无碘对比剂过敏和肾功能不全的患者,在进行 MRA 和(或)CTA 筛查后,应进一步行 DSA 检查以明确瘘口位置(A 级证据,1 级推荐)。

七、诊断及鉴别诊断

SDAVF 的诊断要点:(1)中老年男性居多。(2)主诉症状多为双下肢麻木、无力,呈缓慢、进行

性发展,多伴有感觉障碍、排便和排尿功能障碍,部分患者可伴疼痛。(3)脊髓 MRI 检查可见 T1 加权成像等或低信号,T2WI 高信号,脊髓表面可见“虫蚀”样血管流空影,增强 MRI 可见髓周迂曲血管影和髓内不均匀强化,部分可见特异性的“缺件征”。(4)脊髓 MRA 或 CTA 筛查多可见迂曲、扩张的引流静脉,部分可显示瘘口,瘘口位置可与脊髓水肿节段不完全一致。(5)脊髓 DSA 是诊断 SDAVF 的“金标准”,典型表现为在椎间孔区及附近出现早显的扩张引流静脉并向中线走行,在脊髓表面形成迂曲、扩张的引流静脉,节段动脉远端分支骤然增粗的部位即为瘘口和引流静脉的起始部,多位于椎间孔区^[29-30,36-37,42]。

SDAVF 容易被误诊、误治。Takai 和 Taniguchi^[24]报道 SDAVF 的误诊率可高达 78%,可导致严重的残疾,且患者接受治疗后无法显著改善预后。SDAVF 需要与脊髓炎、多发性神经病变、脊髓肿瘤、脊柱退行性病变、前列腺增生和老年性便秘等疾病鉴别^[24]。另外,SDAVF 还应与髓周动静脉瘘等其他脊髓血管畸形相鉴别。

推荐意见:SDAVF 的临床症状和体征缺乏特异性,容易被误诊。根据患者脊髓损害的临床表现及影像学特征(脊髓 MRI、CTA 及 MRA)可做出初步诊断。脊髓 DSA 检查是确诊 SDAVF 的“金标准”(A 级证据,1 级推荐)。

八、治疗

SDAVF 的自发性闭塞(自愈)非常罕见。部分患者发病后临床症状可在短期内保持稳定,个别患者可因引流静脉通畅而在早期无明显症状,但最终会继续进展。因此,症状性 SDAVF 建议积极进行手术干预。目前,SDAVF 的治疗方法包括外科手术和血管内治疗(endovascular treatment, EVT)。治疗原则为闭塞瘘口处的引流静脉,降低髓周静脉压力,同时注意保护脊髓的正常供血和静脉引流,改善脊髓的血液循环状态。虽然外科手术和 EVT 均可达到治疗目的,但各具优缺点,应综合患者个体情况和病变结构进行选择。目前认为,外科手术仍是治疗 SDAVF 的首选方法^[43]。

1. 外科手术治疗:症状性 SDAVF 确诊后应尽早治疗,以避免发生不可逆的神经损害。外科手术切断 SDAVF 引流静脉起始处并电凝瘘口是安全、可靠的治疗方法,其治愈率 > 90%,常作为 SDAVF 患者的首选治疗方式^[43-44]。术前根据脊髓 DSA 和 MRA(或)CTA 检查确认瘘口位置,术中患者多采取

全身麻醉俯卧位,采用半椎板或全椎板切除的方式显露硬膜,显微镜下剪开硬膜并悬吊,硬膜下寻找引流静脉,并沿其探查至与硬膜相连的位置(即瘘口),瘘口多位于神经根附近,少数位于相邻神经根之间。显微镜下可见动脉化的引流静脉迂曲、扩张,向脊髓表面延伸。电凝切断硬膜下引流静脉后,脊髓表面迂曲、扩张的引流静脉张力下降,血管颜色变暗。对于硬膜上的瘘口及硬膜动脉,建议行电凝,以降低复发风险,但应注意对邻近神经根的保护,避免神经根的热损伤。

对于 DSA 显示瘘口欠清晰的 SDAVF 患者,有必要适当扩大切口及椎板显露范围,以便术中探查。针对一些供血情况复杂的患者,可以使用复合手术室进行复合手术,术中可重复造影,精准定位瘘口位置并评估手术效果^[45-46]。骶尾部 SDAVF 的血管构筑较为复杂,可根据造影结果评估患者是否具有良好的经动脉栓塞通路,如经动脉栓塞无法实现,则可行复合手术,显露引流静脉后将微导管逆行置入并靠近瘘口,然后进行栓塞,以闭塞引流静脉起始段及供血动脉,降低复发风险^[47]。神经电生理监测有助于评估手术操作对脊髓和神经根的影响,可避免误伤正常脊髓血管导致的脊髓功能障碍。骶尾部 SDAVF 存在终丝动脉供血和终丝静脉引流时,需采用神经电生理监测技术判断是否有神经根走行于终丝中,避免术中损伤神经根造成神经功能障碍。

2. EVT:早期临床常使用聚乙烯醇(polyvinyl alcohol,PVA)颗粒行 EVT,但 PVA 仅可栓塞供血动脉的近端区域而无法到达瘘口位置,从而导致引流静脉再通或侧支血管开放的比例较高^[48]。因此,行 EVT 治疗 SDAVF 的关键是栓塞剂必须经瘘口封闭引流静脉近端^[49]。因硬脊膜存在良好的血管吻合网,仅栓塞供血动脉可使症状短暂改善,但容易复发^[50]。近年来,随着血管内栓塞技术和材料的进步,EVT 已逐渐成为治疗 SDAVF 的重要选择。目前,多数介入科医生选择液态栓塞剂 α -氰基丙烯酸正丁酯或乙烯-乙醇共聚物进行 EVT 治疗^[1,51]。需要特别注意的是,由于供血动脉细小,栓塞剂通过供血动脉远端及瘘口处需要一定的压力,推注过程中栓塞剂可能会向供血动脉近段反流。因此,极易导致该节段正常根髓动脉甚至脊髓前、后动脉的误栓塞,造成不可逆的脊髓动脉性梗死。EVT 仅推荐用于预估微导管可良好抵近瘘口且同节段、相邻节段以及对侧均无根髓动脉发出的患者,或者基础条件差而无法耐受全身麻醉下进行外科手

术的患者。

目前,EVT 的成功率仍然低于手术治疗^[52-53],且并非所有 SDAVF 患者均适合行 EVT。如颅颈交界区 SDAVF 的供血支相对细小且吻合丰富,因此现有栓塞技术超选到位和栓塞均存在困难。此外,因该部位血管结构相对复杂,盲目栓塞时存在闭塞脊髓供血动脉及栓塞材料反流入椎动脉系统的风险^[41]。腰骶部 SDAVF 患者的供血节段动脉一般无粗大的根髓动脉发出,且距离脊髓较远,栓塞剂进入脊髓前、后动脉的概率相对较低,同时引流静脉在椎管内上行的距离较长,栓塞剂进入髓周静脉从而影响正常脊髓静脉回流的风险偏低,故比较适合行 EVT。EVT 的相对禁忌证包括:(1)患有严重的血管动脉粥样硬化性病变,使导管难以到位。(2)瘘口的供血动脉与脊髓前动脉(尤其是 Adamkiewicz 动脉)、脊髓后动脉共干,此时栓塞剂进入脊髓动脉的风险极高。(3)供血动脉纤细,导管难以进入或靠近瘘口。(4)多根动脉供血,栓塞不完全且容易复发。如果 EVT 失败或者栓塞不完全,则应考虑手术治疗^[54]。

目前,关于 SDAVF 手术方式对患者预后的影响尚存在争议。总体而言,外科手术阻断 SDAVF 更有效、更直接,准确定位是外科手术成功的关键,成功率可达 97.7%^[55]。EVT 具有创伤小、手术时间短等优点,但其对医生技术的要求较高,术中有可能出现栓塞不充分,且可因侧支循环开放、瘘周围血管网形成而复发^[49]。目前,EVT 的治疗成功率约为 70.6%^[55]。此外,外科手术治疗 SDAVF 的中远期复发率也低于 EVT^[30,56]。

推荐意见:SDAVF 的治疗方式包括外科手术和 EVT。目前,外科手术是治疗该类疾病的首选。随着技术的进步,EVT 治疗 SDAVF 的成功率明显升高,但远期复发率仍高于显微外科手术治疗,且仍然存在责任血管超选困难及闭塞正常供血动脉的风险(A 级证据,1 级推荐)。

九、脊髓功能急性恶化

由于早期对 SDAVF 认识不足,大量患者被误诊为脊髓炎性疾病,使用糖皮质激素后出现急性神经功能恶化^[57-58]。表现为运动、感觉及排便和排尿功能障碍急剧加重^[59]。早期的病例报告中认为糖皮质激素引起的脊髓功能恶化短暂且可逆^[60];但近年来研究发现,糖皮质激素可导致 SDAVF 患者发生急性临床症状恶化,即使在成功闭塞瘘口后,这种恶化仍可能持续存在,因此应避免使用糖皮质激素^[61],

但其机制尚不明确。对使用糖皮质激素治疗后症状加重的患者,即使 MRI 未显示髓周静脉扩张,也应积极完善 MRA、CTA 或 DSA 检查^[58]。

4.3% ~ 32.0% 的 SDAVF 患者在外科治疗后 1 ~ 3 d 会发生急性神经功能恶化,主要原因可能是引流静脉血栓形成^[62]。因此,有学者主张对脊髓功能急性恶化的患者积极实施抗凝治疗^[62-64]。研究发现,术前 DSA 显示对比剂引流缓慢者更易发生术后急性神经功能恶化^[62]。对于多数瘘口位于胸腰段的患者,术后是否常规行抗凝治疗仍存在一定争议。

推荐意见:怀疑 SDAVF 的患者应避免使用糖皮质激素治疗(A 级证据,1 级推荐)。

十、预后

SDAVF 患者的长期预后并不理想^[65]。瘘口完全阻断后,脊髓的水肿和静脉迂曲、扩张会逐渐消退。通常 3 个月内治疗效果显著,主要表现为下肢力量和步态的改善,而排便障碍、疼痛和肌张力增高则恢复较慢^[66-69]。术后脊髓功能好转后再次恶化者应首先考虑 SDAVF 的复发。SDAVF 患者的预后主要取决于术前脊髓功能受损的严重程度。临床通常采用改良 Aminoff 和 Logue 量表(Modified Aminoff-Logue Scale, mALS)评估 SDAVF 的治疗效果,其重点关注下肢运动和排便功能。研究发现,术前 mALS 评分与 SDAVF 的长期预后相关^[67-69]。术前病程可能也是重要的影响因素,而年龄、性别、瘘口位置与预后之间的相关性尚存在争议^[69]。此外,术前 MRI 显示长节段脊髓水肿和脊髓强化的患者通常预后较差,且术后 3 个月的脊髓水肿减轻程度与术后 1 年患者的临床结局显著相关^[69]。而术后 MRI 显示脊髓萎缩和 T2WI 中残留的局部髓内高信号病变与功能恢复不良以及神经性疼痛恶化相关^[70]。

推荐意见:多数 SDAVF 患者的长期预后并不理想(A 级证据,1 级推荐)。术前 mALS 评分对评估患者的预后具有指导意义(B 级证据,2 级推荐)。病程、瘘口位置、性别和年龄等与患者预后的关系尚存在争议(专家共识)。

学术顾问 张建宁(天津医科大学总医院)

专家组组长 朱涛(天津医科大学总医院)、张鸿祺(首都医科大学宣武医院)

方法学专家 李长平(天津医科大学公共卫生学院)

共同执笔 戎宏涛(天津医科大学总医院)、

马永杰(首都医科大学宣武医院)、李静伟(首都医科大学宣武医院)、韩振营(天津医科大学总医院)、刘通(天津医科大学总医院)、赵子龙(天津医科大学总医院)

共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序)
车晓明(复旦大学附属华山医院)、陈春美(福建中医药大学附属第二人民医院)、陈海峰(四川大学华西医院)、贾文清(首都医科大学附属北京天坛医院)、兰海涛(河北医科大学第二医院)、郭华(山东省立医院)、李维新(西安交通大学第一附属医院)、李长平(天津医科大学公共卫生学院)、李静伟(首都医科大学宣武医院)、林江凯(陆军军医大学第一附属医院)、陆云涛(南方医科大学南方医院)、马永杰(首都医科大学宣武医院)、戎宏涛(天津医科大学总医院)、**尚爱加**(解放军总医院第一医学中心)、佟小光(天津市环湖医院)、王贵怀(北京清华长庚医院)、汪俊萍(天津医科大学总医院)、奚健(中南大学湘雅医院)、晏怡(重庆医科大学附属第一医院)、余新光(解放军总医院第一医学中心)、余勇(复旦大学附属中山医院)、张鸿祺(首都医科大学宣武医院)、赵宏宇(中国医科大学附属盛京医院)、朱涛(天津医科大学总医院)、朱永坚(浙江大学医学院附属第二医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Maimon S, Luckman Y, Strauss I. Spinal dural arteriovenous fistula: a review[J]. Adv Tech Stand Neurosurg, 2016, 43:111-137. DOI: 10.1007/978-3-319-21359-0_5.
- [2] 陈耀龙, 杨克虎, 王小钦, 等. 中国制订/修订临床诊疗指南的指导原则(2022 版)[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(10): 697-703. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20211228-02911.
- [3] Thron A. Spinal dural arteriovenous fistulas[J]. Radiologe, 2001, 41(11):955-960. DOI: 10.1007/s001170170031.
- [4] Vavoulis G Jr, Giakoumettis D, Tsitlakidis A, et al. An update on spinal dural arteriovenous fistulae: case series and systematic review[J]. Cureus, 2024, 16(7):e65537. DOI: 10.7759/cureus.65537.
- [5] Essibayi MA, Srinivasan VM, Catapano JS, et al. Spinal dorsal intradural arteriovenous fistulas: natural history, imaging, and management[J]. Neurology, 2023, 101(12):524-535. DOI: 10.1212/WNL.0000000000207327.
- [6] Kanematsu R, Hanakita J, Takahashi T, et al. An acquired cervical dural arteriovenous fistula after cervical anterior fusion: case report and literature review[J]. World Neurosurg, 2019, 128:50-54. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.04.202.
- [7] Nishimura Y, Natsume A, Ginsberg HJ. Spinal dural arteriovenous fistula associated with L4 isthmic spondylolisthesis[J]. J Neurosurg Spine, 2014, 20(6):670-674. DOI: 10.3171/2014.3.SPINE13492.
- [8] Iampreechakul P, Polpong P, Wangtanaphat K, et al. Acquired lumbosacral spinal dural arteriovenous fistula in association with degenerative lumbosacral disc herniation and spinal canal stenosis;

- report of two cases and review of the literature [J]. *Asian J Neurosurg*, 2020, 15(4):1059-1067. DOI: 10.4103/ajns.AJNS_318.20.
- [9] Kang JW, Koo JH, Kim DK, et al. Myelopathy caused by spinal dural arterio-venous fistula after first lumbar vertebral body fracture- a case report -[J]. *Ann Rehabil Med*, 2011, 35(5):729-732. DOI: 10.5535/arm.2011.35.5.729.
- [10] Jablawi F, Nikoubashman O, Mull M. Arterial hypertension is associated with symptomatic spinal dural arteriovenous fistulas[J]. *World Neurosurg*, 2017, 103:360-363. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.04.050.
- [11] Jia DT, Jacobs CS, Tang M, et al. The spinal dural arteriovenous fistula in a patient with metastatic renal cell carcinoma [J]. *Cureus*, 2021, 13(5):e15303. DOI: 10.7759/cureus.15303.
- [12] Takai K, Komori T, Taniguchi M. Microvascular anatomy of spinal dural arteriovenous fistulas: arteriovenous connections and their relationships with the dura mater[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(4):526-533. DOI: 10.3171/2014.11.SPINE14786.
- [13] Hurst RW, Kenyon LC, Lavi E, et al. Spinal dural arteriovenous fistula: the pathology of venous hypertensive myelopathy [J]. *Neurology*, 1995, 45(7):1309-1313. DOI: 10.1212/wnl.45.7.1309.
- [14] Lagman C, Chung LK, Chitale RV, et al. Dural arteriovenous fistula and foix-alajouanine syndrome: assessment of functional scores with review of pathogenesis [J]. *World Neurosurg*, 2017, 106:206-210. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.141.
- [15] Suh DC, Kim HS, Baek HJ, et al. Angioarchitecture of spinal dural arteriovenous fistula-evaluation with 3D rotational angiography [J]. *Neurointervention*, 2012, 7(1):10-16. DOI: 10.5469/neuroint.2012.7.1.10.
- [16] Kiyosue H, Matsumaru Y, Niimi Y, et al. Angiographic and clinical characteristics of thoracolumbar spinal epidural and dural arteriovenous fistulas [J]. *Stroke*, 2017, 48(12):3215-3222. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019131.
- [17] Jeng Y, Chen DY, Hsu HL, et al. Spinal dural arteriovenous fistula: imaging features and its mimics [J]. *Korean J Radiol*, 2015, 16(5):1119-1131. DOI: 10.3348/kjr.2015.16.5.1119.
- [18] Takai K, Kin T, Oyama H, et al. Three-dimensional angioarchitecture of spinal dural arteriovenous fistulas, with special reference to the intradural retrograde venous drainage system [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18(4):398-408. DOI: 10.3171/2013.1.SPINE12305.
- [19] Alkhaibary A, Alharbi A, Alnefaie N, et al. Spinal dural arteriovenous fistula: a comprehensive review of the history, classification systems, management, and prognosis [J]. *Chin Neurosurg J*, 2024, 10(1):2. DOI: 10.1186/s41016-023-00355-y.
- [20] Krings T, Geibprasert S. Spinal dural arteriovenous fistulas [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(4):639-648. DOI: 10.3174/ajnr.A1485.
- [21] Marcus J, Schwarz J, Singh IP, et al. Spinal dural arteriovenous fistulas: a review [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2013, 15(7):335. DOI: 10.1007/s11883-013-0335-7.
- [22] Narvid J, Hettis SW, Larsen D, et al. Spinal dural arteriovenous fistulae: clinical features and long-term results [J]. *Neurosurgery*, 2008, 62(1):159-166; discussion 166-167. DOI: 10.1227/01.NEU.0000311073.71733.C4.
- [23] Van Dijk JM, TerBrugge KG, Willinsky RA, et al. Multi-disciplinary management of spinal dural arteriovenous fistulas: clinical presentation and long-term follow-up in 49 patients [J]. *Stroke*, 2002, 33(6):1578-1583. DOI: 10.1161/01.str.0000018009.83713.06.
- [24] Takai K, Taniguchi M. Clinical and neuroimaging findings of spinal dural arteriovenous fistulas: How to avoid misdiagnosis of this disease [J]. *J Orthop Sci*, 2019, 24(6):1027-1032. DOI: 10.1016/j.jos.2019.07.014.
- [25] Esposito G, Regli L, Cenzato M, et al. Trends in cerebrovascular surgery and interventions [M]. Cham: Springer, 2021.
- [26] Qedair J, Sankarappan K, Mirahmadi Eraghi M, et al. Dural arteriovenous fistulas at the craniocervical junction: a systematic review and meta-analysis [J]. *Neurosurg Rev*, 2024, 47(1):812. DOI: 10.1007/s10143-024-03018-3.
- [27] Wang XC, Du YY, Tan Y, et al. Brainstem congestion due to dural arteriovenous fistula at the craniocervical junction: case report and review of the literature [J]. *World Neurosurg*, 2018, 118:181-187. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.06.243.
- [28] Hunt R, Roberts RM, Mortimer AM. Spinal dural arteriovenous fistula: delay to radiological diagnosis and sources of radiological error [J]. *Clin Radiol*, 2018, 73(9):835.e11-835.e16. DOI: 10.1016/j.crad.2018.05.010.
- [29] Zalewski NL, Rabinstein AA, Brinjikji W, et al. Unique gadolinium enhancement pattern in spinal dural arteriovenous fistulas [J]. *JAMA Neurol*, 2018, 75(12):1542-1545. DOI: 10.1001/jamaneurol.2018.2605.
- [30] Ouyang F, Wu Q, Duan B, et al. Diagnosis of spinal dural arteriovenous fistula: a multimodal MRI assessment strategy [J]. *Clin Radiol*, 2023, 78(12):e958-e965. DOI: 10.1016/j.crad.2023.08.027.
- [31] Kannath SK, Alampath P, Enakshy Rajan J, et al. Utility of 3D SPACE T2-weighted volumetric sequence in the localization of spinal dural arteriovenous fistula [J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 25(1):125-132. DOI: 10.3171/2015.8.SPINE141322.
- [32] Morris JM, Kaufmann TJ, Campeau NG, et al. Volumetric myelographic magnetic resonance imaging to localize difficult-to-find spinal dural arteriovenous fistulas [J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14(3):398-404. DOI: 10.3171/2010.11.SPINE10328.
- [33] Naamani KE, Abbas R, Tartaglino L, et al. The accuracy of the TRICKS MRI in diagnosing and localizing a spinal dural arteriovenous fistula: a feasibility study [J]. *World Neurosurg*, 2022, 158:e592-e597. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.11.020.
- [34] Bowen BC, Fraser K, Kochan JP, et al. Spinal dural arteriovenous fistulas: evaluation with MR angiography [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1995, 16(10):2029-2043.
- [35] Bink A, Berkefeld J, Wagner M, et al. Detection and grading of dAVF: prospects and limitations of 3T MRI [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(2):429-438. DOI: 10.1007/s00330-011-2268-2.
- [36] Lai PH, Pan HB, Yang CF, et al. Multi-detector row computed tomography angiography in diagnosing spinal dural arteriovenous fistula: initial experience [J]. *Stroke*, 2005, 36(7):1562-1564. DOI: 10.1161/01.STR.0000170048.94718.07.
- [37] Yamaguchi S, Nagayama T, Eguchi K, et al. Accuracy and pitfalls of multidetector-row computed tomography in detecting spinal dural arteriovenous fistulas [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 12(3):243-248. DOI: 10.3171/2009.9.SPINE0971.
- [38] Sakai Y, Matsuyama Y, Imagama S, et al. Clinical utility of multidetector row computed tomography for diagnosing spinal dural arteriovenous fistulas undiagnosed by magnetic resonance imaging [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2010, 10(3):255-263. DOI: 10.1111/j.1447-0594.2010.00618.x.
- [39] Osanai T, Hida K, Asano T, et al. The multi-detector-row CT angiography for diagnosis of spinal dural arteriovenous fistula [J]. *No Shinkei Geka*, 2012, 40(8):695-703.
- [40] Aadland TD, Thielen KR, Kaufmann TJ, et al. 3D C-arm conebeam CT angiography as an adjunct in the precise anatomic characterization of spinal dural arteriovenous fistulas [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(3):476-480. DOI: 10.3174/ajnr.A1840.
- [41] 李静伟, 杨帆, 李桂林, 等. 寰枕交界区硬脊膜动静脉瘘诊治进展 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2015, 12(11):600-603. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.11.009.
- [42] Brinjikji W, Colombo E, Cloft HJ, et al. Clinical and imaging characteristics of spinal dural arteriovenous fistulas and spinal

- epidural arteriovenous fistulas[J]. *Neurosurgery*, 2021, 88(3): 666-673. DOI: 10.1093/neuros/nyaa492.
- [43] Koch MJ, Stapleton CJ, Agarwalla PK, et al. Open and endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistulas: a 10-year experience[J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 26(4): 519-523. DOI: 10.3171/2016.9.SPINE16394.
- [44] Sasamori T, Hida K, Yano S, et al. Long-term outcomes after surgical and endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistulae[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(3): 748-754. DOI: 10.1007/s00586-015-3887-0.
- [45] Zhang N, Xin WQ. Application of hybrid operating rooms for treating spinal dural arteriovenous fistula [J]. *World J Clin Cases*, 2020, 8(6): 1056-1064. DOI: 10.12998/wjcc. v8. i6. 1056.
- [46] Devalckeneer A, Bourgeois P, Caudron Y, et al. Surgical evolution in spinal dural arteriovenous fistula treatment-a 7 years monocentric experience[J]. *Neurosurg Rev*, 2023, 46(1): 225. DOI: 10.1007/s10143-023-02131-z.
- [47] Fan Y, Yang C, Meng X, et al. Intraoperative direct venous puncture and embolization for arteriovenous shunt below the conus medullaris: a prospective cohort study [J]. *J Neurointerv Surg*, 2024, 17(e1): e124-e131. DOI: 10.1136/jnis-2023-020988.
- [48] Hall WA, Oldfield EH, Doppman JL. Recanalization of spinal arteriovenous malformations following embolization [J]. *J Neurosurg*, 1989, 70(5): 714-720. DOI: 10.3171/jns.1989.70.5.0714.
- [49] Takai K, Endo T, Yasuhara T, et al. Neurosurgical versus endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistulas: a multicenter study of 195 patients[J]. *J Neurosurg Spine*, 2021, 34(3): 514-521. DOI: 10.3171/2020.6.SPINE20309.
- [50] Singh K, Zaben M, Manivannan S, et al. Endovascular and surgical obliteration rates of spinal dural arteriovenous fistulae: a single UK centre experience[J]. *Br J Neurosurg*, 2023, 37(6): 1613-1618. DOI: 10.1080/02688697.2022.2123891.
- [51] Goyal A, Cesare J, Lu VM, et al. Outcomes following surgical versus endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistula: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2019, 90(10): 1139-1146. DOI: 10.1136/jnnp-2019-320648.
- [52] Schick U, Hassler W. Treatment and outcome of spinal dural arteriovenous fistulas[J]. *Eur Spine J*, 2003, 12(4): 350-355. DOI: 10.1007/s00586-002-0487-6.
- [53] Park SB, Han MH, Jahng TA, et al. Spinal dural arteriovenous fistulas: clinical experience with endovascular treatment as a primary therapeutic modality [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2008, 44(6): 364-369. DOI: 10.3340/jkns.2008.44.6.364.
- [54] Tsuruta W, Matsumaru Y, Iihara K, et al. Clinical characteristics and endovascular treatment for spinal dural arteriovenous fistula in Japan: Japanese registry of neuroendovascular therapy 2 and 3 [J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2019, 59(12): 492-497. DOI: 10.2176/nmc.st.2018-0218.
- [55] Mamaril-Davis J, Aguilar-Salinas P, Avila MJ, et al. Recurrence rates following treatment of spinal vascular malformations: a systematic review and meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2023, 173: e250-e297. DOI: 10.1016/j.wneu.2023.02.040.
- [56] Durnford AJ, Hempenstall J, Sadek AR, et al. Degree and duration of functional improvement on long-term follow-up of spinal dural arteriovenous fistulae occluded by endovascular and surgical treatment[J]. *World Neurosurg*, 2017, 107: 488-494. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.140.
- [57] 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]. *Int J Surg Case Rep*, 2021, 81: 105797. DOI: 10.1016/j.ijscr.2021.105797.
- [58] O'Keefe DT, Mikhail MA, Lanzino G, et al. Corticosteroid-induced paraplegia—a diagnostic clue for spinal dural arterial venous fistula[J]. *JAMA Neurol*, 2015, 72(7): 833-834. DOI: 10.1001/jamaneurol.2015.0757.
- [59] DiSano MA, Cerejo R, Mays M. Acute paraparesis and sensory loss following intravenous corticosteroid administration in a case of longitudinally extensive transverse myelitis caused by spinal dural arteriovenous fistula: case report and review of literature [J]. *Spinal Cord Ser Cases*, 2017, 3: 17025. DOI: 10.1038/sesandc.2017.25.
- [60] Lee CS, Pyun HW, Chae EY, et al. Reversible aggravation of neurological deficits after steroid medication in patients with venous congestive myelopathy caused by spinal arteriovenous malformation[J]. *Interv Neuroradiol*, 2009, 15(3): 325-329. DOI: 10.1177/159101990901500310.
- [61] Ma Y, Hong T, Chen S, et al. Steroid-associated acute clinical worsening and poor outcome in patients with spinal dural arteriovenous fistulas: a prospective cohort study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(11): E656-E662. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003370.
- [62] Saito A, Yajima N, Nakamura K, et al. Acute neurological deterioration after surgical interruption of spinal dural arteriovenous fistulas: clinical characteristics, possible predictors, and treatment. Patient series[J]. *J Neurosurg Case Lessons*, 2021, 2(25): CASE21548. DOI: 10.3171/CASE21548.
- [63] Jablawi F, Schubert GA, Hans FJ, et al. Anticoagulation therapy after surgical treatment of spinal dural arteriovenous fistula. Effectiveness and long-term outcome analysis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 114: e698-e705. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.061.
- [64] Knopman J, Zink W, Patsalides A, et al. Secondary clinical deterioration after successful embolization of a spinal dural arteriovenous fistula: a plea for prophylactic anticoagulation [J]. *Interv Neuroradiol*, 2010, 16(2): 199-203. DOI: 10.1177/159101991001600213.
- [65] Meder JF, Devaux B, Merland JJ, et al. Spontaneous disappearance of a spinal dural arteriovenous fistula[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1995, 16(10): 2058-2062.
- [66] Shimizu K, Takeda M, Mitsuhashi T, et al. Asymptomatic spinal dural arteriovenous fistula: case series and systematic review[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 31(5): 733-741. DOI: 10.3171/2019.5.SPINE181513.
- [67] Jellema K, Tijssen CC, van Gijn J. Spinal dural arteriovenous fistulas: a congestive myelopathy that initially mimics a peripheral nerve disorder[J]. *Brain*, 2006, 129(Pt 12): 3150-3164. DOI: 10.1093/brain/awl220.
- [68] Yang C, Ma Y, Tian A, et al. Long-term outcomes and prognostic factors in patients with treated spinal dural arteriovenous fistulas: a prospective cohort study[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(1): e047390. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-047390.
- [69] Luo M, Li J, Wu C, et al. Prognostic value of magnetic resonance imaging in spinal dural arteriovenous fistulas[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(1): 49-54. DOI: 10.1007/s00701-021-04970-5.
- [70] Shinoyama M, Endo T, Takahashi T, et al. Long-term outcome of cervical and thoracolumbar dural arteriovenous fistulas with emphasis on sensory disturbance and neuropathic pain [J]. *World Neurosurg*, 2010, 73(4): 401-408. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.01.003.

(收稿:2025 - 03 - 31 修回:2025 - 06 - 06)

(本文编辑:李鑫)