

· 综 述 ·

# 脊髓拴系综合征的外科治疗进展

苏卢海 综述 张世渊 审校

【关键词】 脊髓拴系综合征;拴系松解术;脊柱缩短术;椎板切除术

【文章编号】 1009-153X(2018)03-0220-04 【文献标志码】 A 【中国图书资料分类号】 R 744.9; R 651.1\*1

脊髓拴系综合征(tethered cord syndrome, TCS)指各种因素引起脊髓纵向牵拉、圆锥低位,脊髓发生病理生理改变,产生神经功能障碍和畸形的综合征。传统观点认为脊髓牵拉多发生在腰骶部,引起圆锥低位,故又称为低位脊髓。但近年来,随着对 TCS 研究的深入,发现部分病人的颈胸段脊髓受到牵拉及脊髓末端持续性高张力引起神经功能障碍,而圆锥位置正常<sup>[1,2]</sup>,因此, TCS 的概念逐渐被扩展。

脊髓受牵拉或本身的持续高张力导致脊髓组织缺血损伤,引起相应的神经功能障碍。针对致病机制,手术解除脊髓牵拉或改变高张力状态为本病最有效的治疗方法。随着显微器械、神经内镜、脊柱导航和电生理监测的应用, TCS 手术治疗呈现微创化、精准化、安全化的特点,手术入路和方式越来越准确、安全、微创、有效。本文重点就 TCS 的手术方法和术中椎板切除方式的发展演变和现状作一综述。

## 1 TCS 手术方式的发展与现状

目前, TCS 手术方式主要有两种:拴系松解术和脊柱缩短术。前者根据手术设备和器械的不同可分为传统手术、显微手术和内镜手术。

1.1 脊髓拴系松解术 针对脊髓牵拉因素进行病因治疗,通过手术解除牵拉,恢复受损部位的微循环,改善组织血液供应,促进神经功能最大程度的恢复。

1.1.1 传统拴系松解术 在肉眼下进行扩大椎板减压治疗,术中除切除病变所在的椎板外,还要求向上多切除 1~2 个椎板,向下显露出终丝,将局部存在的一切造成牵拉、压迫的因素去除,使脊髓、神经根获得充分松解,促进神经功能的恢复。手术结束时要求严密缝合硬膜,椎板缺损处一般不进行植骨或椎板固定处理。传统手术创伤大和并发症发生率高,基

本已被显微手术所取代,目前只在医疗条件落后的国家和地区尚被应用。

1.1.2 显微拴系松解术 在手术显微镜下应用显微器械进行的拴系松解术。与传统松解术相比,显微手术在分离脊髓与周围组织粘连、解除拴系病灶的过程是在显微镜高倍术野下进行,加之显微器械和电生理监测的应用,因此手术创伤小,神经血管受损率低,并发症发生率低。目前,大部分 TCS 手术以显微手术为主,显微松解术是当前 TCS 手术的“金标准”。显微松解术强调在打开硬膜前即在显微镜下操作,术中遵循个体化原则,根据术前 MRI 定位及术中所见灵活调整手术操作,提高疗效。单纯终丝增粗、脊髓牵拉、圆锥低位的病人,可应用超声骨刀(cavitron ultrasonic surgical sspirator, CUSA)行单椎板切除,显露并切开硬膜后,在电生理监测下辨认终丝,确认无误后对终丝应用双极电凝(小功率)边烧灼边切断。肿瘤(脂肪瘤、皮样或表皮囊肿等)造成拴系的病人,术前及术中应精确定位肿瘤所在节段,术中应用 CUSA 切除椎板,范围为肿瘤所在椎体的上下各一个节段的椎板,然后切除肿瘤。肿瘤切除的原则是在最大限度保护脊髓、神经和血管的前提下尽可能全切肿瘤。若术中发现肿瘤包裹脊髓和(或)神经根,与神经粘连紧密,勉强分离可能造成神经损伤时,则不必追求肿瘤全切除,只要达到对脊髓和神经根彻底松解的目的即可。若肿瘤与包膜全切有困难,为解除压迫症状,可将肿瘤包膜和硬膜缘作“袋形缝合”<sup>[3,4]</sup>,将包膜内容物引至硬膜外腔。为预防再拴系,可将圆锥腹侧面软膜缝合固定在其前方的硬膜上<sup>[5]</sup>。对伴有脊柱裂或皮毛窦病人,要求切除骨或软骨性隔膜及皮肤窦道。如伴有增粗的终丝,也应将其分离切断。手术时应先探查切断终丝,再切除隔膜或窦道<sup>[5]</sup>。若伴有脊膜膨出,由于脊髓膨出过长,往往松解后也不能完全还纳入椎管,建议先松解脊髓而不修补硬膜,待脊髓随生长发育能完全自

行进入椎管后再二期修补,可于松解后用半球形钛网覆盖在膨出处,有效防止再粘连<sup>[6]</sup>。切断终丝前应彻底止血,以防止与周围组织粘连再次拴系。一般情况下,应严密缝合硬膜,避免术后脑脊液漏,继发感染和再拴系。为预防脊柱畸形,在全椎板切除的基础上过去常用钉棒系统固定、重建脊柱骨性结构的稳定性,但不能避免全椎板切除的其他并发症,同时破坏了脊柱原有的生理功能,加速了病变椎体相邻节段的退行性变<sup>[7]</sup>。当前显微松解术对小的病灶多采用半椎板切除成形术,手术结束时用微型钛板、骨连接片固定;而范围较大的病灶造成的椎板缺损,采用椎板、棘突和后部韧带复合体原位重建<sup>[8]</sup>。

1.1.3 内镜拴系松解术 在TCS治疗中作为一种新的术式,尚处于探索与发展阶段。Di<sup>[9]</sup>首次报道2例TCS应用内镜拴系松解术,显示出良好的手术有效性和安全性。由于手术设备及技术的影响,目前内镜拴系松解术适用于单纯终丝增粗、圆锥低位需要切断终丝的病例和伴长径≤3 cm的肿瘤且肿瘤未完全包裹脊髓、神经根的病人<sup>[10]</sup>。在术前体表定位标记处(一般为腰<sub>4</sub>~骶<sub>1</sub>,据病变部位进行调整)沿背部后正中线作长2~3 cm直切口。逐层切开皮肤至肌层及筋膜间组织,单钩或脊柱内镜牵开器撑开切口,暴露腰椎棘突与骶骨骨质,磨钻磨除骨质,扩大骨窗约2.0 cm×2.0 cm。显露、正中切开硬膜,悬吊后暴露椎管腔,细致分离蛛网膜和粘连的神经根。对部分侧方或腹侧粘连的神经根可应用成角度镜头观察、辨别、确认和分离。伴肿瘤病人,在内镜直视下分离肿瘤四周,切除肿瘤。粘连分离后可观察到马尾神经丛,其中可见一支或两支(伴脊髓分裂)较粗的淡青色纤维索条张力较高。应用电生理刺激电极刺激,监测仪无明显的异常波形出现,再次刺激确认为终丝后边电凝止血边渐进性切断,勿一次性切断,以防近端因张力高弹离术野,难以止血致粘连再拴系。术后严密缝合硬膜,逐层缝合,有皮毛窦者一并切除。整个过程需在内镜直视下进行。随着术腔的加深,内镜亦逐步跟进,始终保持术腔内部各解剖结构清晰可辨。由于内镜下切口较小,严密缝合硬膜常有困难。张世渊等<sup>[11]</sup>报道21例经内镜下手术的TCS病人,在缝合硬膜时采用一种“窄深术腔缝合法”,结果术后未见出现脑脊液漏。近来,有学者在尸体上应用内镜经骶管裂孔行外终丝切断的研究,提出通过该途径可以良好的观察外终丝解剖结构,在不打开硬膜的情况下将其切断<sup>[12]</sup>。内镜拴系松解术目前还处于发展阶段,许多问题亟待解决,但随着

操作的熟练和相关设备的更新,内镜手术的优势越来越受到人们的关注,尤其是对于单纯拴系病例,内镜具有独特的优势。

1.2 脊柱缩短截骨术(vertebral column subtraction osteotomy, VCSO) VCSO用于TCS的治疗虽是全新的方法,但并不是一种治疗TCS的标准术式。脊柱缩短与椎体切除结合最早是用于治疗非创伤性的疾病,如脊柱侧凸、椎体肿瘤和先天畸形等。近些年,有学者将该技术用于脊柱创伤和TCS的手术治疗。VCSO主要适用于合并先天性脊柱侧凸的TCS<sup>[13]</sup>和拴系松解术不能解除拴系或术后再拴系的病人,主要手术方法是将T<sub>11-12</sub>节段椎体截除15~25 mm来间接减轻脊髓、神经根和终丝的张力。虽然VCSO作为一种“姑息性”的手术方法被用于TCS的治疗,但是有研究显示该手术的疗效与拴系松解手术中90%以上的神经组织得到松解的效果相当<sup>[14,15]</sup>。Hsieh等<sup>[14]</sup>报道应用该方法治疗的2例反复发生再拴系的TCS,结果术后均取得满意的效果。由于该手术并没有从病因上处理拴系病变,因此对因肿瘤、假性脊膜膨出和粘连等引起的再拴系不能从根本上解决问题。此外,VCSO创伤较大,术后并发症较多而严重<sup>[16]</sup>,尤其是神经损伤发生率达到11%<sup>[17]</sup>,因此VCSO仅作为备选术式应用于TCS的外科治疗。

2 术中椎板切除方式的演变与现状

脊髓拴系松解术中,为了显露硬膜,暴露拴系病灶,术中需不同程度的切除椎板骨质,有的甚至需要咬除相应节段的关节突。随着技术的熟练和器械的精细化,术中需切除的椎板范围越来越小。根据椎板切除程度不同,将拴系松解术的椎板去除分为以下几个发展阶段。

2.1 全椎板切除、拴系松解术 传统的全椎板切除、拴系松解术,是最早用于TCS治疗,也是最经典的方式。该术式最早用于椎管内肿瘤的切除。基本操作是以术前定位的病灶为中心,经后正中入路,分离两侧的椎旁肌肉,暴露椎体后,切断棘上和棘间韧带,应用咬骨钳咬除棘突和双侧椎板骨质,必要时扩大咬除范围包括部分关节突,从而显露硬膜。该术式能充分的显示病灶,提供良好的操作空间。但是,因为需分离破坏的组织较多,所以术后并发症的发生率较高,尤其是术后脊柱失稳导致的畸形较常见且严重。该术式在暴露病变的过程中需要分离肌肉、切断韧带以及切除大范围的椎体骨质,破坏脊柱中柱和后柱的解剖,而脊柱的中、后柱结构对脊柱稳定



性的维持起着至关重要的作用。因此,经该方式治疗的 TCS 病人术后常出现脊柱失稳的一系列表现,如椎体滑脱及后凸畸形等,特别是青少年病人更易发生<sup>[18]</sup>。

**2.2 全椎板切除、拴系松解+钉棒系统内固定术** 由于传统的全椎板切除破坏正常的脊柱稳定系统,术后较易发生脊柱失稳。为了减少并发症的发生,一种改进措施被用于椎管内手术,即全椎板切除、拴系松解后加做脊柱钉棒系统内固定。该操作是在传统的手术完成拴系松解后对全椎板切除造成的椎管骨性结构缺损的节段应用钉棒系统进行固定,这样就大大减少了术后脊柱失稳的发生率,有效的保证了手术效果。但是钉棒系统固定限制了脊柱的屈伸、旋转运动,不利于生理功能的正常进行,并且钉棒的使用也影响了相应节段的血液供应,加速了局部骨质的退行性变。另外,内固定材料价格比较昂贵,加重了病人的经济负担。

**2.3 半椎板切除、拴系松解术** 随着显微镜和显微器械的应用,手术需要暴露的椎体越来越小,有学者开始探索性应用半椎板切除进行椎管内病变的治疗。随之,该方式开始普及起来。该方法的优点在于术中只需切除病灶所在节段的半侧椎板,对脊柱的骨性结构和周围组织的破坏小,对脊柱的稳定性影响较小,术后脊柱畸形的发生大大减少,但手术疗效却相当显著,而且病人术后能够早期下床活动,减少伤口粘连和长期卧床带来的不利影响。虽然有较多的优势,但是该方法不能完全消除脊柱不稳的可能,术后还有一定的椎体滑脱发生,尤其是年轻且病变长度涉及多个节段的病人,更为明显。为了进一步消除上述不利影响,于是一种新的方法开始被应用。

**2.4 半椎板切开、拴系松解+椎板重建术** 显微镜的应用加速显微器械的研制及众多设备的发明,如 CUSA 等,大大增加手术的微创性。虽然半椎板切除能够减少手术的创伤,利于术后恢复,但该术式仍然在一定程度上造成脊柱解剖的破坏,而且存在着因部分椎体骨质缺失致术后纤维瘢痕长入椎管内的可能<sup>[19]</sup>。于是临床医生们开始寻求一种既能够充分显露病灶,又能避免上述不利影响的术式,随之半椎板切开+椎板重建术开始应用于脊柱手术中。关于该手术的国内最早论述是赵爱国等<sup>[20]</sup>在 2003 年报道的,随后一些学者对该其进行完善<sup>[21]</sup>。具体操作是术中应用 CUSA 或铣刀将病变所在节段的半椎板骨质整块切下,外侧界到病变侧关节突稍内侧,内侧界为病变侧近棘突处。待手术解除拴系(伴椎管内占

位者切除肿瘤)后,将切下的椎板骨质复位,用连接片或钛板进行固定。该方法不但减少手术创伤,而且将椎板进行复位维持脊柱原有的稳定性结构,利于术后脊柱的承重,避免脊柱失稳的发生。同时,椎板骨质的复位也节约医疗资源,避免脊柱钉棒系统或钛网的应用,减轻病人的经济负担。近年来,随着内镜用于脊柱病变的治疗,内镜结合半椎板切开、椎板重建术的优势越来越显著,术中所需切开的椎板范围越来越小,创伤越来越轻,已经成为包括 TCS 在内的椎管内病变手术的发展方向。

### 3 手术并发症

TCS 的手术并发症主要包括短期和长期并发症,其中脑脊液漏、感染和术后疼痛是最常见的短期并发症,而再拴系和脊柱失稳在长期随访中可见。

脑脊液漏主要因术中硬膜缝合不严密造成,除了术中采用“窄深术腔缝合法”<sup>[11]</sup>外,有学者应用倒钩线进行硬膜的缝合,但具体效果还有待观察。一旦发生脑脊液漏,治疗包括重新对硬膜严密缝合、腰大池外引流或腰大池-腹腔分流,一般漏口均能闭合。感染发生多有相关因素存在,其中脑脊液漏是其重要的因素,术中仔细缝合硬膜不但可以预防脑脊液漏,同时可以有效降低感染的发生率。对于术后发生感染的病人,可应用敏感抗生素治疗和腰大池引流。一般不建议采用反复腰椎穿刺术释放炎性脑脊液,因为 TCS 病人常伴有其他畸形,反复腰椎穿刺术有造成医源性损伤的风险。术后疼痛(头痛、腰痛)多为暂时性,与手术创伤和术中单极的过度使用有关,疼痛较重者可据疼痛阶梯疗法应用药物治疗。

再拴系也是 TCS 术后一种常见的并发症,发生率在 5%~50%<sup>[1]</sup>。对于粘连引起的再拴系,可以再次行拴系松解术,往往可以达到与首次手术相同的疗效;但是再次手术有较高的神经副损伤和再拴系的风险。对于不能行再拴系松解的病人,可考虑应用 VCSO 治疗。腰椎失稳主要表现为术后长期随访过程中腰骶部 X 线检查示手术节段的脊柱正位曲度变化  $\geq 12^\circ$ ,或侧位曲度变化  $\geq 15^\circ$  或出现新的脊柱畸形<sup>[22]</sup>。过去因多采用后正中入路全椎板切除+钉棒系统内固定和全椎板切开椎板成形术,不可避免的造成术后脊柱畸形<sup>[23]</sup>,尤其是儿童病人随生长发育,脊柱承重增加,畸形发生率高,涉及多节段椎板者更甚。现多采用椎板、棘突和后部韧带复合体原位重建或半椎板切除半椎板成形术,术后腰椎失稳的发生率明显降低。尤其是内镜手术中分离肌肉组织范

围小、较少磨除椎板骨质,对脊柱的稳定性几乎无明显影响。若出现严重的腰椎失稳,常需脊柱矫形手术治疗。

4 总 结

TCS 是一种涉及神经外科、骨科、儿科等多学科的疾病<sup>[24]</sup>,虽然治疗措施多样,但手术仍是目前最有效的治疗,尤其是显微拴系松解术以其微创、安全、有效、技术成熟,成为 TCS 手术的“金标准”。随着技术熟练和进步,以内镜手术为代表的微侵袭手术因更微创、疼痛轻,恢复快,住院周期短及更安全有效等优势,越来越受到人们的重视和普及。VCSO 作为拴系松解术的补充,给不能松解的 TCS 病人带来新的希望。不论哪种手术方式,术中都需要去除或切开椎板骨质,暴露拴系,随着器械和设备的改进,术中所需切开的椎板越来越小,对脊柱稳定的影响越来越小,成为 TCS 手术微创化趋势的重要体现。另外,不论哪一种术式都有一定的并发症发生率,术前详细的检查,术中谨慎的操作及术后有效的治疗护理是减少并发症的重要措施。随着虚拟内镜和手术机器人开始用于临床诊疗,相信在不久的将来,TCS 的外科治疗会更加微创、精确和安全有效,病人的选择也必定更加多样化。

【参考文献】

[1] Lew SM, Kothbauer KF. Tethered cord syndrome: an updated review [J]. *Pediatr Neurosurg*, 2007, 43(3): 236–248.

[2] 刘赵鹤,李守斌. 脊髓拴系综合征的研究进展[J]. *中国自然医学杂志*, 2008, 10(2): 157–160.

[3] Sakamoto H, Hakuba A, Fujitani K, *et al*. Surgical treatment of the retethered spinal cord after repair of lipomyelomeningocele [J]. *J Neurosurg*, 1991, 74(5): 709–714.

[4] Ohe N, Futamura A, Kawada R, *et al*. Secondary tethered-cord syndrome in spinal dysraphism [J]. *Child Nerv Syst*, 2000, 16(7): 457–461.

[5] 姜宏志,杨玉明,谢红雯,等. 脊髓拴系综合征的显微手术治疗[J]. *中华外科杂志*, 2002, 40(3): 184–186.

[6] 刘红举,张黎,于炎冰. 脊髓拴系综合征的外科治疗[J]. *中华神经外科杂志*, 2014, 30(4): 425–427.

[7] 黄思庆,王跃龙. 椎管内肿瘤手术脊柱稳定性的保护与重建[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2013, 13(11): 920–923.

[8] 王振宇,林国中,谢京城,等. 椎板成形术在椎管内肿瘤手术中的应用[J]. *中国微创外科杂志*, 2011, 11: 1088–1090.

[9] Di X. Endoscopic spinal tethered release: operative technique [J]. *Childs Nerv Syst*, 2009, 25(5): 577–581.

[10] 苏卢海,张世渊,沈波,等. 神经内镜与显微镜手术治疗脊髓拴系综合征的回顾性研究[J]. *中华神经外科杂志*, 2017, 33(10): 1008–1010.

[11] 张世渊,郭建忠,沈波,等. 神经内镜下手术治疗脊髓拴系综合征[J]. *中华医学杂志*, 2011, 91(25): 1746–1748.

[12] Mourgela S, Anagnostopoulou S, Sakellaropoulos A, *et al*. Sectioning of filum terminale externum using a rigid endoscope through the sacral hiatus: Cadaver study [J]. *J Neurosurg Sci*, 2008, 52(3): 71–74.

[13] 沈超,陶惠人,黄景辉,等. 脊柱缩短截骨术治疗合并脊髓拴系的先天性脊柱侧凸[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(9): 909–914.

[14] Hsieh PC, Ondra SL, Grande AW, *et al*. Posterior vertebral column subtraction osteotomy: a novel surgical approach for the treatment of multiple recurrences of tethered cord syndrome [J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 10(4): 278–286.

[15] Kanno H, Aizawa T, Ozawa H, *et al*. Spine-shortening vertebral osteotomy in a patient with tethered cord syndrome and a vertebral fracture: case report [J]. *J Neurosurg Spine*, 2008, 9(7): 62–66.

[16] Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, *et al*. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment [J]. *Spine*, 2007, 32(20): 2245–2252.

[17] Miyakoshi N, Abe E, Suzuki T, *et al*. Spine—shortening vertebral osteotomy for tethered cord syndrome: report of three cases [J]. *Spine*, 2009, 34(22): 823–825.

[18] Nzokou A, Weil AG, Shedid D. Minimally invasive removal of thoracic and lumbar spinal tumors using a nonexpandable tubular retractor [J]. *J Neurosurg*, 2013, 19(6): 708–715.

[19] 蒋宏国,杨智勇. 椎板切除手术方式与脊柱稳定性关系的研究进展[J]. *临床神经外科杂志*, 2015, 12(6): 475–477.

[20] 赵爱国,衡雪源,费昶,等. 半侧椎板切开后回植治疗椎管内肿瘤[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2003, 8(6): 459–460.

[21] 刘洪泉,杜秀玉,王立忠,等. 椎管内肿瘤的显微外科手术治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2011, 16: 502–504.

[22] 黄思庆,王跃龙. 椎管内肿瘤手术脊柱稳定性的保护与重建[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2013, 13(11): 920–923.

[23] 张明广,徐启武,车晓明. 椎管内外肿瘤的微侵袭手术治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2010, 15(11): 484–487.

[24] Yamada S, Lonser RR. Adult tethered cord syndrome [J]. *J Spinal Disord*, 2000, 13(4): 319–323.

(2017-10-14 收稿, 2017-11-16 修回)