

脊髓拴系综合征的诊断和治疗：系统评价

Patrick Hsieh, MD^a, Eric Apaydin, PhD^b, Robert G. Briggs, MD^a, Dalal Al-Amodi, MD^b, Andrea Aleman^b, Kellie Dubel^b, Ariana Sardano, MPH^b, Judy Saint-Val, BA^b, Kim Sysawang^b, Diana Zhang^b, Sachi Yagyu, MLS^b, Aneesa Motala, MSW^b, Danica Tolentino, MS^b, Susanne Hempel, PhD^b

^aNeurosurgery Spine Program, University of Southern California, Los Angeles, California; and ^bSouthern California Evidence Review Center, University of Southern California, Los Angeles, California

缩略语

AHRQ: 美国医疗保健研究与质量局 (Agency for Healthcare Research and Quality)

CT: 计算机断层成像 (computed tomography)

SoE: 证据强度 (strength of evidence)

摘要

背景 脊髓拴系综合征与运动和感觉功能缺陷相关。

目标 我们的目标是通过系统评价 (CRD42023461296)，总结有关脊髓拴系综合征的诊断、预防性手术、症状性治疗以及再次手术的现有证据。

数据来源与研究筛选 我们检索了 13 个数据库以及通过参考文献挖掘得到的综述，并联系作者以确定截至 2024 年 3 月发表的诊断准确性研究和治疗研究。

数据提取 由 1 名研究员负责数据提取，数据的准确性由内容专家进行核实。我们评估了研究的偏倚风险、证据强度 (strength of evidence, SoE) 以及适用性。

结果 证据基础包括 103 项对照研究 (许多存在偏倚风险和适用性问题) 以及 355 个病例系列，这些病例系列提供了额外的临床信息。我们发现，MRI 诊断脊髓拴系综合征的证据强度为中等，其诊断敏感度和特异度为中至高水平。少量关于预防性手术的研究显示，该手术可能对运动功能有益，并能在一定时间内维持神经状态的稳定，但也可能引发如手术部位感染等并发症 (SoE 低)。更多的证据记录了对症状性患者的治疗。研究显示，经手术解除拴系后，患者的神经状态有所改善 (SoE 低)，但术后可能发生脑脊液渗漏等并发症 (SoE 中等)。一些文献支持对脊髓再拴系进行手术治疗 (SoE 低或不充分)。

局限性 关键结局 (如过度治疗或治疗不足、诊断方法的临床影响、步行能力、生活质量) 的相关证据不足。

结论 本系统评价为患有脊髓拴系综合征的儿童及其家长，以及为其提供医疗服务的专业人员，在面临复杂临床决策时提供了重要的参考依据。

脊髓拴系综合征是一种涉及马尾神经和脊髓的临床疾病，常表现为运动和感觉功能障碍。由于脊柱裂相关疾病的先天性特性，大多数患者在儿童期、青春期或成年早期发病。该病被认为是多种病理生理机制所致的脊髓和神经张力增加。对于 TCS 的发病机制，一种假设是缺血学说，即脊髓和神经长期受到张力作用，导致局部血流受阻，引起脊髓局部缺血损伤和神经元损害^[1-6]。这一假说的证据主要来源于动物模型，但这些模型往往难以完全模拟人体病情。在体内，尚未测量过脊髓拴系患者椎体末端和终丝的张力程度。此外，与健康对照组相比，尚未在患者中观察到局部血流变化，也没有慢性缺血损伤的组织学证据。

脊髓拴系综合征的主要诊断手段包括临床评估和影像学检查。症状性患者通常表现为疼痛、运动或感觉功能障碍，以及膀胱和肠道功能紊乱。典型症状为患者脊柱屈曲时症状加重。此外，与隐性脊柱裂相关的脊柱发育异常患者可能伴随皮肤的标志性特征，包括毛发丛生、痣、脂肪瘤、皮窦或血管瘤。当患者出现运动或感觉功能障碍时，可能引发神经损伤的加重甚至不可逆。尽管多数研究支持脊髓拴系综合征的神经功能自然退化，但并非所有患者的病情都会进一步恶化并导致更多的运动或感觉功能丧失^[7, 8]。

虽然症状性患者可能从手术治疗中获益，但神经损伤进展的时间进程和严重程度尚不完全明确。一些患者病情进展迅速，伴随严重的神经损伤；而另一些患者可能进展缓慢，表现为神经功能的逐步下降。另一方面，手术治疗相关的神经损伤及其他并发症风险可能较高^[9]。因此，对于无症状或症状轻微的患者在进行预防性手术之前，需谨慎评估其潜在获益，以及手术可能引发的并发症和不良影响。

本系统评价探讨了脊髓拴系综合征的诊断、无症状患者的手术治疗、症状性患者的治疗选择以及

复发脊髓拴系的管理。

方 法

本研究遵循美国医疗保健研究与质量局 (Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ) 循证实践中心的研究方法，详细内容可见公开协议^[10, 11]。通过关键利益相关者访谈。对研究问题作进一步细化。多学科技术专家小组在整个评价过程中提供支持，并参与结局优先级的确定。在 AHRQ 官网上发布证据报告草案以征集公众意见。评价结果旨在支持制定神经外科医师协会 (Congress of Neurologic Surgeons) 临床实践指南。

数据来源与检索

对于主要研究，我们检索了以下数据库：PubMed (生物医学文献)、Embase (侧重于药理学)、CINAHL (护理相关文献)、Web of Science (技术创新) 以及 SCOPUS (综合研究)。我们还检索了美国和国际研究注册库 (clinicaltrials.gov 和 ICTRP)，以获取不良事件的完整记录。我们使用现有的综述进行参考文献挖掘，这些综述是通过用于初步研究的相同数据库确定的，并且加上 Cochrane 系统评价数据库和 PROSPERO。我们通过 ECRI 存储库、G-I-N、MagicApp 和 ClinicalKey 检索临床实践指南。同时，我们审查了同行评议者建议的文献、证据报告草稿的公开发布、通过 AHRQ 系统评价补充证据和数据门户的子任务，或对联邦登记通知的回应。检索策略记录在补充信息中。

研究筛选

我们使用预先制定的详细标准判断文献是否合格，具体内容见补充信息部分，主要内容总结如下：

- 诊断：评估脊髓拴系综合征筛查和诊断方法的研究，包括工具和标准，如体格检查、尿动力学研究、MRI、脊髓造影、计算机断层成像 (computed

tomography, CT) 或超声, 并报告诊断性能、诊断操作中的不良事件或诊断的临床影响。

- 预防性手术: 针对无症状或症状轻微且无功能缺失的脊髓拴系患者的研究, 评估预防性手术的效果, 并报告患者健康结局及生活质量等影响。
- 症状性治疗: 针对症状性脊髓拴系综合征患者的研究, 评估了手术或非手术治疗或管理干预措施, 包括手术解拴、其他手术 (如脊柱缩短椎骨截骨术、脊髓切断术)、物理治疗、用于膀胱功能的膀胱治疗或矫形支具, 并揭示了患者健康结局及其他影响 (如生活质量)。
- 复发拴系: 针对在脊髓解拴手术后经历再拴系的患者的研究, 评估了手术干预措施, 分析了患者健康结局及其他患者影响 (如生活质量)。

诊断研究必须报告参考标准, 治疗研究必须报告对照组 (包括未接受治疗或接受其他干预) 的数据, 才符合纳入标准。未报告参考标准或对照组的研究, 仅作为临床医师的参考资源, 但由于研究限制, 未纳入证据陈述 (详见补充信息)。

为了减少审阅者的错误和偏倚, 所有文献引用均由人工审阅与机器学习算法进行联合筛选。认为可能相关的文献, 获取全文, 由 2 名独立的文献审议人员分别审阅全文; 通过一致意见解决分歧。涉及相同参与者的文献被整合为一条研究记录。

数据提取与质量评估

我们提取了研究、参与者、干预措施、对照组、结局和结果的详细信息。我们联系了所有符合条件的研究的作者, 请求提供与本系统评价相关的任何其他数据。诊断研究的偏倚评估基于患者选择、检测指标、参考标准以及时间流动^[12]。治疗研究的偏倚评估包括选择、执行、中止、检测、报告和其他偏倚^[13]。

数据综合与分析

本综述由以下 4 个核心问题引导数据整合。(1)

影像学及其他诊断标准在诊断脊髓拴系综合征中的准确性如何? (2) 针对无症状脊髓拴系患者的预防性手术有哪些益处和危害? (3) 针对症状性脊髓拴系患者的手术与非手术治疗的效果、比较结果及危害如何? (4) 对于在脊髓解拴手术后经历重复拴系的患者, 再次手术与不治疗相比有哪些益处、危害及长期结局?

在技术专家小组的帮助下, 我们选择了具有临床相关性和患者重要性的关键结局指标, 以指导医疗实践。我们在可能的情况下计算了效应量, 并评估了对每一种干预措施和结局进行荟萃分析的可行性。我们综合考虑了研究限制、一致性、直接性、精确性及报告偏倚, 确定了以下 4 个证据强度 (SoE) 的类别: 高、中、低、不足。我们通过评估患者、干预措施及研究环境等因素, 确定其在当前美国临床实践中的适用性和普遍性。

结 果

通过检索, 共确认了 6 285 条引用文献 (图 1), 获取了 2 005 项有全文的研究。最终, 103 项对照研究符合纳入标准 (包含的研究清单详见补充信息)。此外, 355 项病例系列研究提供了评估测试和干预措施的进一步临床信息, 但由于研究的局限性, 这些研究未纳入证据陈述。总计保留了 154 篇文献作为背景和参考资源。偏倚风险及适用性问题记录见补充信息。下文总结了针对关键问题的主要研究发现。

关键问题 1: 脊髓拴系综合征的诊断

我们共确认出 59 项诊断研究。这些研究来自于 18 个国家, 其中大部分在美国。研究的总体规模较小, 参与人数从 4 例到包含 3 884 例的回顾性大规模研究^[14]。研究对象的年龄分布不同, 其中 1/3 为儿童研究。研究中主要的偏倚来源与患者选择有关。适用性问题大多与患者群体相关。例如: 研究可能包括病情更为复杂的患者 (如所有患者均有严重的神经症状), 或入组标准比日常实践更为狭窄。

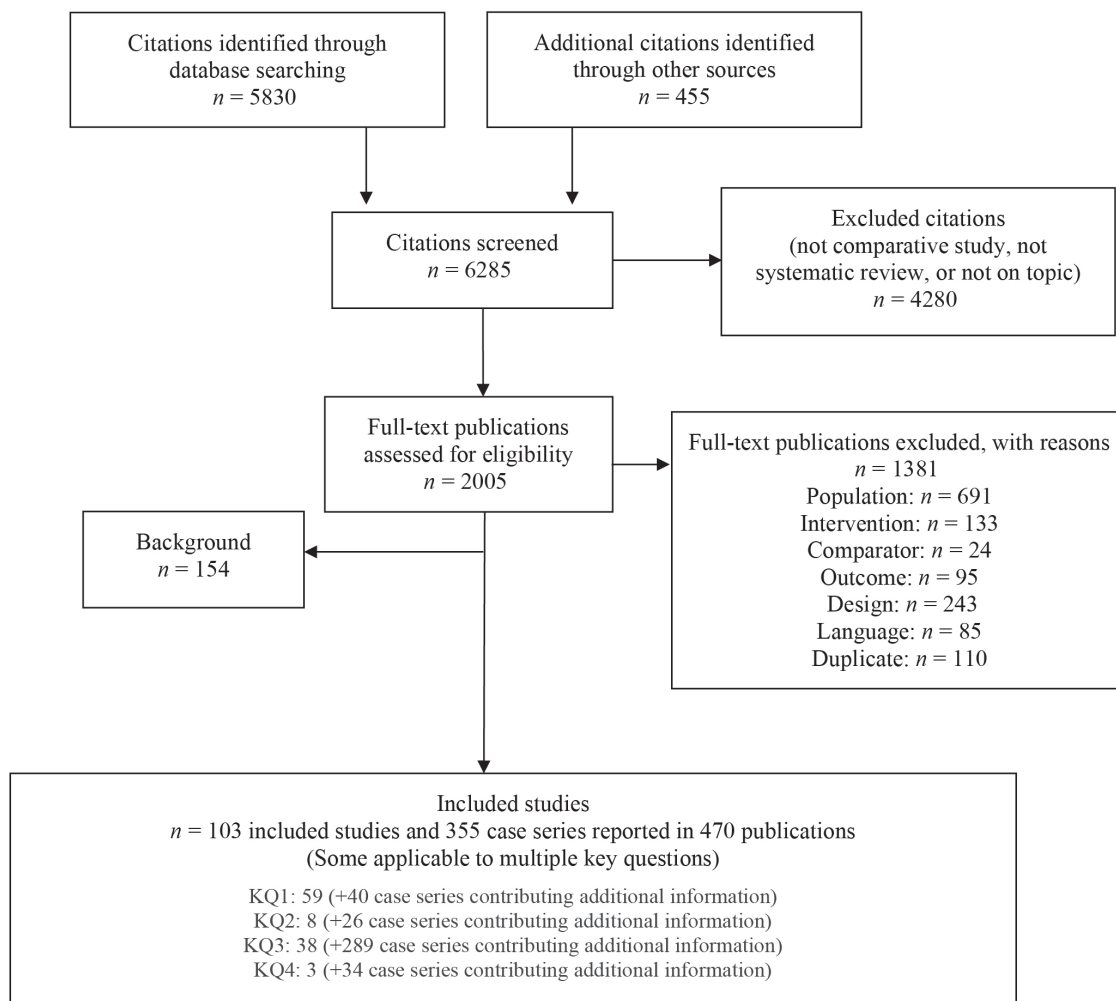


图 1 文献筛选流程

研究中使用的评估测试技术包括 MRI、超声、CT、脊髓造影、诱发电位、尿动力学研究和术中神经生理监测。MRI 研究的作者评估了不同的序列模式^[15]。大多数研究未报告具体的诊断准确性指标（如敏感度或特异度）。较早的多项研究报告了 MRI 在脊髓拴系诊断中的优势，主要得益于其图像质量。

MRI 报告的敏感度为 99%^[16] ~ 62%（对应的特异度为 61%^[17]）。由于结果范围较宽，我们下调 SoE 以体现 MRI 的不精确性。超声检查结果同样存在较大差异，报告的敏感度范围为 96%（对应的特异度为 96%^[19]）~ 36%（对应的特异度为 84%^[20]，SoE 低）。报告的特异度为 96%（对应的敏感度为 96%^[19]）~ 84%

（对应的敏感度为 36%^[20]，SoE 中等）。更多结果见表 1。

关键问题 2：无症状患者的预防性手术

我们共确认有 8 项研究提供了有关预防性手术效果的信息。这些研究来自 6 个国家，其中美国和日本各有 2 项研究。研究样本量为 41 ~ 354 例，但无症状患者的亚组样本量相对较小。研究对象的年龄分布广泛，最年长的参与者为 17 岁。在这些研究中，多项研究被认为存在选择性偏倚。还存在以下适用性问题：患者的纳入标准较为狭窄、随访时间较短、研究中提及的医疗服务水平可能与当前的美国标准存在差异。研究的作者评估了预防性解拴手

术的不同方式，例如与脊柱侧凸矫正手术同时进行的解栓手术，以及其他手术相关问题（如术后卧床时间的影响）。研究还比较了未手术、延迟解栓手术或其他手术干预的结果。

表 2 总结了所有关键结果的研究数据。5 项研究的作者报告了患者的神经状态，大多数研究显示患者在预防性手术后的随访期间维持稳定，但很少有研究提供对照组（如保守观察组）的等效数据^[22]。一项研究报告，与未进行去栓系手术或在脊柱侧弯手术前进行栓系松解手术相比，同时进行预防性栓系松解手术可显著改善泌尿功能^[23]。6 项研究报告了术后并发症，其中一项研究表明，在脊柱侧弯矫正手术中，与不进行栓系松解手术或在脊柱侧弯手术前开展栓系松解手术相比，同期手术显著增加了手术部位的感染风险（ $P = 0.01$ ）^[2]。2 项研究显示，约 1 / 3 的患者发生手术并发症，其余研究则报告了个

别不良事件。由于以下原因，所有结论的 SoE 均为低等：没有 2 项研究针对相同的结果指标进行报告，数据不足以计算效应量，并且这些数据基于可能存在选择偏倚的观察性研究。此外，我们未发现其他关键结果（包括需要再次手术）的相关数据。

关键问题 3：症状性患者的治疗

我们共确认 38 项研究涉及症状性脊髓栓系综合征患者的治疗。这些研究来自 15 个国家，其中以美国的研究为主。大多数研究的样本量较小，从 6 例至包含 6 457 例患者的大型回顾性研究^[24]。研究涵盖了不同年龄段的患者，但大多数研究仅包括儿科患者。由于部分研究中的参与者未被随机分配至不同的治疗组，而是纳入观察性队列，由此导致多项研究被评为有较高的偏倚风险。此外，部分研究的实践与美国的标准临床实践存在偏差，这些研究也涉及较典型临床实践中患者更为复杂的病例。

表 1 诊断研究的发现和 SoE 汇总

诊断检测	结局	研究数量	主要结果	SoE
MRI	敏感度	5 项研究 ^[15-18, 78]	报告的敏感度范围为 99%（无对应的特异度）～62%（对应的特异度为 61%）	中等：中至高敏感度
超声	敏感度	3 项研究 ^[19, 20, 69]	报告的敏感度范围为 96%（对应的特异度为 96%）～36%（对应的特异度为 100%）	低等：中至高敏感度
诱发电位	敏感度	3 项研究 ^[70-72]	报告的敏感度范围为 100%（无对应的特异度）～83%	低等：中敏感度
MRI	特异度	4 项研究 ^[15, 17, 18, 78]	报告的特异度范围为 100%（对应的敏感度为 93%）～61%（对应的敏感度为 62%）	中等：中至高特异度
超声	特异度	3 项研究 ^[19, 20, 69]	报告的特异度范围为 96%（对应的敏感度为 96%）～84%（对应的敏感度为 36%）	中等：中至高特异度
诱发电位	特异度	2 项研究 ^[71, 72]	报告的特异度范围为 97%（对应的敏感度为 83%）～74%（对应的敏感度为 88%）	低等：中特异度
MRI	评分者一致性	1 项研究 ^[17]	2 位评估者之间的 kappa 系数为 0.94	不足
超声	评分者一致性	2 项研究 ^[73, 74]	不同操作者之间的 ICC 为 0.977，不同放射科医师之间的 ICC 为 0.949	低等：一致性良好
脊髓造影	所有关键结局	0 或 1 项研究 ^[78]	数据不足	不足
测试	准确性、一致性	0 或 1 项研究 ^[17, 72, 80, 81]	数据不足	不足
测试	过度或治疗不足、临床影响	0 项研究	无数据	不足

ICC：组内相关系数（intraclass correlation coefficient）。
 详细信息、研究参考及 SoE 降级原因见补充信息。

表 2 预防性手术的发现及 SoE 汇总

干预措施	结局	研究数量	主要结果	SoE
预防性手术	神经状态	5 项研究 ^[21-23, 39, 76]	一项研究显示，与常规治疗相比，显微手术对粗大运动功能有益（随访 72 个月）；其他研究表明，所有患者在随访期间（平均 68 个月）神经状态稳定（对照组数据不足）；无症状婴儿均未出现术后恶化；93% 的儿童在随访期（平均 44 个月）无症状；0.7% 的患者术后出现轻微的感觉障碍，观察组中 4.3% 的患者出现轻微内翻，其余 95.7% 的患者神经状态稳定；未发现任何治疗组中运动或感觉功能的变化（随访 3 个月，RR：4.62；CI：0.30 ~ 72.01）	低等：存在获益
预防性手术	膀胱或肠道功能	3 项研究 ^[23, 39, 76]	一项研究显示，与未解拴或脊柱侧弯手术前解拴相比，同时进行预防性解拴对泌尿功能有益（RR：13.85；CI：1.49 ~ 129.17） ^[23] ；其他研究表明，无症状婴儿均未出现术后恶化；93% 的儿童在随访期（平均 44 个月）无症状（对照组数据不明） ^[39] ；尿潴留发生在 0.7% 的患者中，但数周后恢复（观察组无数据）	低等：存在获益
预防性手术	术后并发症	6 项研究	一项研究显示，与未解拴或脊柱侧弯手术前解拴相比，同时解拴增加手术部位感染风险（ $P = 0.01$ ）；另一项研究表明，33% 的患者发生手术并发症，而未手术者没有发生并发症 ^[22, 23] ；还有研究表明，33% 的患者在解拴手术中发生并发症 ^[75] 。一项研究未报告 CSF 漏 ^[58] ；另一项研究未报告脓肿或脑膜炎 ^[39] ；还有一项研究未报告手术死亡率 ^[47]	低等：并发症发生风险
预防性治疗	需要重复手术、症状评分、步态能力、生活质量、疼痛、不良事件患者数量	0 或 1 项研究 ^[47]	数据不足	不足

CI：置信区间 (confidence interval)；CSF：脑脊液 (cerebrospinal fluid)；RR：风险比 (risk ratio)。

详细信息、研究参考及 SoE 降级原因见补充信息。

大多数已被确认的研究的作者评估了手术解除脊髓拴系的方法。其中，一些研究比较了联合进行拴系松解和其他手术干预（同时进行）与分步手术的效果^[25-31]，以及不同手术技术之间的差异，例如椎板切除术与椎板成形术^[32]、椎板切除术与引流术^[33]、硬膜成形术与硬膜直接缝合^[34]、椎板成形术与半椎板切除术^[35]、显微手术与开放手术^[36-38]，是否使用激光进行解除拴系^[39]，以及完全解除拴系与不完全解除拴系的比较^[40]。

一项研究比较了解除拴系手术与脊柱缩短截骨术的效果^[41]，另一项研究通过大规模回顾性分析比

较了解除拴系手术与脊柱融合手术的效果^[24]。其他研究则比较了手术与患者拒绝手术或接受标准治疗（或观察管理）的结果^[24, 42-47]。此外，一些研究探讨了诊断后不同干预时间的效果，例如早期手术与先接受保守治疗后再手术，或在出生第 1 年内手术与 1 岁后再手术的比较^[22, 48, 49]。还有部分研究评估了手术过程中使用术中监测的附加价值^[50-52]。

少量研究探讨了术后水平卧位的必要性、乙酰唑胺的最佳使用时长或管理方法，以及解除拴系手术后的伤口处理方法^[53-59]。证据基础最为充足的是开放性解除拴系手术。研究显示，与对照组相

表 3 症状性脊髓拴系治疗的发现及 SoE 汇总

干预措施	结局	研究数量	主要结果	SoE
开放性手术解拴	神经状态	7 项研究 ^[30, 31, 41, 45, 46, 49, 76]	1 项研究显示, 与仅美容修复相比, 解拴具有显著的正 面效果 (RR: 9.78; CI: 1.48 ~ 64.41); 另一项研究报 告, 儿童在接受解拴和其他脊柱矫正后症状有所改 善; 第 3 项研究显示, 20% 的患者术后症状立即改善, 9% 的患者症状恶化, 但随访期下降至 6%, 而 2 名保 守治疗患者的神经状态维持稳定; 另有研究表明, 61% 的手术 (包括重复手术) 患者有临床改善, 33% 的患者 无变化, 而拒绝手术的 50% 的患者神经恶化; 还有研 究显示, 释放脊髓与更好的运动功能结果相关 (RR: 2.02; CI: 0.40 ~ 10.10)。一项研究发现, 脊柱缩短手术的效 果优于解拴 ($P = 0.003$)	低等: 存在获益
椎板切除术 vs 椎板成形术	神经状态	2 项研究 ^[32, 35]	研究表明, 椎板切除术与椎板成形术在临床改善上无差 异, 或者椎板切除术相较椎板成形术和半椎板切除术, 在多因素回归中显示较差或仅临界改善的外科手术结果	不足
早期手术解拴	神经状态	2 项研究 ^[22, 49]	早期手术与先保守治疗后再手术相比, 或与 1 岁后进行 手术的儿童相比, 在神经症状改善方面显示出获益	低等: 存在获益
联合手术	神经状态	3 项研究 ^[25, 33, 39]	联合方法 (如解拴和脊髓空洞引流) 显示改善了感觉缺 失或与积极的临床结果相关; 一项研究报告, 39% 的患者改善, 58% 保持稳定, 3% 恶化, 表明在处理 脂肪瘤时应进行解拴	低等: 存在获益
松解手术中 IOM	神经状态	3 项研究 ^[50-52]	接受术中监测的患者的神经恶化率较低, 或实现了更完 全的恢复 (RR: 1.39; CI: 1.01 ~ 1.90); 然而, 另一项 研究却显示组间无显著差异 (RR: 1.00; CI: 0.93 ~ 1.07)	低等: 存在获益
TSC 开放性手术解 拴或脊柱缩短	膀胱或肠 道功能	11 项研究 ^[29, 31, 39, 41-45, 47, 49, 77]	一项研究显示, 膀胱功能的有效率为完全解拴 86%、部 分解拴 50%、未解拴 33% (RR: 1.97; CI: 0.39 ~ 9.95); 另一项研究显示, 椎板切除术后尿路功能的改善优于 未手术者 (RR: 1.94; CI: 0.62 ~ 6.10); 一项小型研究 显示, 术后 60% 的患者仍有尿失禁, 而 92% 的未手术 患者报告尿失禁 (RR: 0.73; CI: 0.48 ~ 1.11)。其他研究 报告了解拴后的尿路功能改善, 但缺乏对照组数据	低等: 解拴手术 存在获益
联合脊髓脂肪瘤 去减容 + 解拴	膀胱或肠 道功能	1 项研究 ^[39]	一项研究显示, 联合手术有效, 而仅进行美容性非解拴手 术则导致术后恶化	不足
开放性手术解拴 或脊柱缩短	步态能力	3 项研究 ^[41, 47, 49]	一项研究显示, 解除拴系组与对照组之间的步态共济失调 评分相似 ^[47] 。另一项研究报告, 术后 2% 的患者需依赖 轮椅, 但未报告对照组的发生率 ^[47] 。另一项研究进行了 比较, 但证据不足	不足
手术解拴或脊柱 缩短手术	步态能力		一项研究比较了解除拴系与脊柱缩短术, 报告显示解除拴 系组中 50% 的患者步态障碍有所改善, 而脊柱缩短术组 中 100% 的患者步态障碍得到改善 ($N = 3, P = 0.39$)	不足
手术解拴或脊柱 缩短手术	疼痛	5 项研究 ^[29, 38, 41, 42, 44]	一项研究表明, 2 例因背痛接受手术的患者, 术后症状消 失, 而未接受手术的 5% 的患者背痛加重。2 项研究未 报告对照组数据。另一项研究显示, 平均疼痛缓解时间 为 3.21 个月 (硬膜成形术和非硬膜成形术)。一项研究 显示, 解拴组 20% 的患者背痛改善, 而脊柱缩短组 100%	

表 3 （续）

干预措施	结局	研究数量	主要结果	SoE
开放性手术 解栓	术后并发症	8 项研究 ^[22, 31, 32, 34, 36, 41, 42, 47]	的患者疼痛改善 ($W = 6, P = 0.12$) 7 项研究显示，开放性解栓组存在脑脊液漏及其他手术并发症	低等：存在获益 中等：与术后并发症相关
联合手术	术后并发症	5 项研究 ^[26, 28, 30, 39]	2 项研究表明，联合手术的并发症较少；1 项研究未报告任何神经不良事件；其余研究未区分治疗组之间的差异	低等：并发症较少
微创解栓	术后并发症	2 项研究 ^[36, 37]	一项研究显示，2 组均未出现术后并发症 (RR: 1.00; CI: 0.07 ~ 14.34)；另一项研究显示，微创解栓组出现假性脑膜膨出，而另一组未见手术相关并发症	不足
椎板切开术 vs 椎板成形术	术后并发症	2 项研究 ^[32, 38]	一项研究表明，椎板切开术与椎板成形术在早期并发症数量上无差异 (RR: 0.25; CI: 0.03 ~ 1.99)；另一项研究未区分治疗组之间的差异	不足
松解手术中 IOM	术后并发症	4 项研究 ^[50-52, 59]	2 项研究显示，术中监测组手术相关并发症或新发并发症显著减少 (RR: 0.48; CI: 0.24 ~ 0.96)；另一项研究未发现，60 d 内总并发症有显著差异，且术中监测与伤口裂开无显著相关性 (RR: 1.15; CI: 0.07 ~ 17.84)	低等：并发症减少
术后卧床姿势	术后并发症	3 项研究 ^[54, 56, 58]	2 项研究表明，保持平卧未能预防脑脊液漏（一项效果估算 RR: 0.59; CI: 0.05 ~ 6.41），一项研究报告无论平卧时间长短，患者均未发生脑脊液漏	低等：对脑脊液漏无影响
术后脑脊液漏 治疗	术后并发症	2 项研究 ^[55, 57]	一项研究显示，与原始伤口修复相比，囊腹腔分流成功解决脑脊液漏 (RR: 0.11; CI: 0.01 ~ 0.78)；另一项研究显示，保守治疗与追加伤口处理（如脑室腹腔分流）无显著差异	不足
术后伤口治疗	术后并发症	1 项研究 ^[53]	一项研究显示，单独或联合俯卧位使用乙酰唑胺，并未显著降低并发症的发生率 (RR: 0.43; CI: 0.09 ~ 2.09)	不足
手术解栓	再次手术需求	6 项研究 ^[26, 29, 34, 41, 44, 50]	一项研究显示，术中监测组的再手术率显著降低 ($P = 0.026$)；另一项研究发现，2 阶段手术组的再手术率高于联合手术组 (RR: 0.45; CI: 0.05 ~ 3.97)。另有研究显示，解栓术中 11% 的患者因症状恶化而接受脊柱缩短手术，2 项研究发现硬脊膜扩大修补与原位硬膜缝合组之间的症状性栓系再发率无显著差异 (RR: 4.43; CI: 0.02 ~ 77.24)；还有研究显示，术后 15% 的患者出现再栓系迹象	不足
微创解栓	神经功能状态	0 或 1 项研究 ^[36, 38]	数据不足	不足
TSC 治疗	症状评分、30 d 并发症发生率、 不良事件数量	0 项研究	无数据	不足

CI：置信区间 (confidence Interval)；IOM：术中监测 (intraoperative monitoring)；RR：风险比 (risk ratio)；TSC：脊髓栓系 (tethered spinal cord)。详情、研究参考及 SoE 降级原因见补充信息。

比，开放手术能够改善神经状态（低等 SoE）^[32, 41, 76]。然而，开放性解除栓系手术也可能引发术后并发症，包括脑脊液渗漏及其他手术并发症（中等

SoE）^[22, 31, 32, 34, 36, 41, 42, 47]。表 3 总结了所有关键结果的研究数据。对于其他结论，由于以下原因，SoE 均为低等：每一项证据声明仅基于单一研究贡献，数据

不足以计算效应量，并且这些数据来自具有较高混杂风险的观察性研究。尽管确认得到了大量研究，但没有任何研究报告了事先选定的以患者为中心的结果。

关键问题 4：复发拴系的治疗

我们共确认 3 项研究探讨了复发拴系的治疗。这些研究分别在美国和德国开展。研究对象中，年龄最大者 26 岁（如有具体说明）^[40]。所有关于复发拴系的研究均存在选择性偏倚。由于研究数量较少、随访时间较短以及核心结局缺乏数值数据，这些研究也可能存在报告偏倚。其中一项研究的患者样本构成不完整，未能反映所有患者类型，进一步限制了其适用性。

这些研究比较了以下干预措施：脊柱缩短术与脊髓拴系松解术^[60]，完全解拴与不完全解拴^[40]，双

侧硬膜切口减压术与传统的硬膜中线切开手术方式^[61]。

表 4 总结了不同干预措施的结果。2 项研究报告了手术解拴后神经功能改善 (SoE 低)，但未提供对照组数据，或未发现组间差异有统计学意义^[40, 61]。一项研究显示，50% 的患者在脊柱缩短术后，其尿路功能得到改善，而 75% 的患者在解拴修复术后出现肠道和膀胱功能恶化^[60]。另一项研究显示，在重复解拴术后，26% 的患者膀胱功能改善，但无对照组数据^[61]。还有一项研究显示，75% 的患者在脊柱缩短术后疼痛有所缓解^[60]。对于多个结局，SoE 不足，因为没有研究针对相关结局报告了有意义的数据。

讨 论

基于这项系统评价，我们确认获得了大量研究，并回答了与脊髓拴系综合征患者相关的 4 个关键问

表 4 脊髓再拴系治疗的研究及 SoE 汇总

干预措施	结局	研究数量	主要结果	SoE
手术	神经功能状态	2 项研究 ^[40, 61]	一项研究显示，26% 的患者在侧开硬膜手术后，其症状有所改善，但对照组的结果未知；另一项研究显示，完全环形解拴患者的运动功能改善，但不完全解拴患者也有一定的改善，差异无统计学意义	低等（再拴系手术的获益）
脊柱缩短手术	神经功能状态	1 项研究 ^[60]	一项研究显示，脊柱缩短术后无患者下肢力量恶化，而再拴系术后 25% 的患者报告下肢力量恶化	不足
手术解拴或脊柱缩短手术	膀胱或肠功能	2 项研究 ^[60, 61]	一项研究显示，50% 的患者在脊柱缩短术后，其尿功能改善，而 75% 的患者在再次拴系松解手术后，其膀胱和肠功能恶化；另一项研究显示，26% 的患者在再次拴系松解后，其膀胱功能改善（无对照组数据）	低等（手术获益）
手术	疼痛	2 项研究 ^[60, 61]	一项研究显示，75% 的患者在脊柱缩短术后疼痛有所改善；另一项研究显示，少数患者在解拴后，疼痛有所改善，但未提供对照组信息	低等（手术获益）
手术	术后并发症	1 项研究 ^[60]	一项研究显示，8 例脊柱缩短手术患者无并发症，而 8 例修复解拴患者中有 3 例发生伤口相关并发症（2 例为脑脊液漏，1 例为伤口感染）	不足
治疗	步态、生活质量、30 d 并发症发生率、不良事件数量、重复手术需求	0 项研究	无数据	不足

详情及参考文献见补充信息中关于研究 SoE 降级原因的说明。

题, 提供了支持临床医师和研究人员的全面数据集, 同时记录了现存的研究空白。

由于准确和及时的诊断至关重要, 因此临床医师致力于使用诊断敏感度、特异度和准确率最高的检测方法。这项系统评价评估了常用于疑似脊髓拴系患者的诊断检测方法的准确性, 确认的研究评估了 MRI、超声、CT、脊髓造影、诱发电位、尿动力学研究以及术中神经生理监测在脊髓拴系诊断中的应用。MRI 的证据基础最强, 其敏感度和特异度分别具有中等 SoE, 范围从中等至良好。超声的敏感度具有低等 SoE, 但特异度具有中等 SoE。相较而言, 脊髓造影和诱发电位的敏感度和特异度均具有低等 SoE。本研究存在多项局限。大多数研究未报告诊断准确性的估计值 (如敏感度、特异度或曲线下面积)。由于诊断效果估计的缺失、结果范围较宽以及研究结果缺乏重复性, SoE 因不精确性和不一致性而被降级, 限制了可以得出的结论。

脊髓拴系综合征的一个重要考量是如何最好地管理无症状患者。对于临床医师和患者而言, 关键问题在于如何随访无症状患者以检测任何神经功能受损加重。重要的考量点包括: 临床评估的间隔频率以及诊断测试的时机和类型, 以筛选患者。根据以往的临床经验, 许多无症状患者可能会发展为不可逆的神经功能损伤, 导致运动或感觉丧失, 或肠道与膀胱功能障碍。然而, 如果对无症状患者实施预防性手术治疗, 则需要患者和临床医师权衡手术引起的损伤和不良事件。本系统评价确认的大多数研究未纳入无症状患者, 或对症状性患者与无症状患者进行混合研究。仅少数研究专门研究了预防性手术的益处和风险。尽管大多数研究结果显示了预防性手术的益处, 但样本量较小, SoE 较低。

在评估手术与非手术治疗症状性脊髓拴系患者的有效性、相对有效性和危害时, 本系统评价揭示, 大多数研究表明手术治疗脊髓拴系综合征具有良好

的治疗效果。与未进行干预相比, 患者术后的神经功能状态得到普遍的改善。对于早期确诊且症状轻微的患者, 早期手术与更有利的神经功能结局相关。当然, 与非手术治疗相比, 手术伴有更高的手术风险, 包括感染、脑脊液漏和伤口并发症等。许多研究的一个显著局限是缺乏对照组的比较分析。此外, 多项研究的样本量较小。

即便接受了预防性手术或早期解拴手术后有所改善, 一些患者仍可能发展为复发性脊髓拴系综合征, 从而导致神经功能和生活功能的持续性恶化。在复发性拴系患者中, 关键问题是如何权衡再次手术与不治疗之间的获益、风险和长期结局。本系统评价显示, 再拴系松解手术在以下方面会带来获益: 神经功能状态、肠膀胱功能和疼痛缓解。然而, 缺乏报告其他重要结局指标的研究, 包括不良事件的患者数量或需要再次手术的比例。

通过本系统评价, 我们建立了一个关于脊髓拴系综合征的庞大且独特的研究集合。我们基于多个数据库和研究注册中心, 对文献进行全面检索, 同时整合了已发表的文献及研究作者提供的额外数据, 涵盖了 450 多项研究, 记录了为支持疑似或确诊脊髓拴系综合征患者而开展的相关研究。

在这项系统评价中, 我们还确定了脊髓拴系研究的局限性。目前的知识状况和可用数据存在许多不确定性。这些反映在社区临床实践的广泛差异上, 并且缺少临床指导。目前, 仅发表了以下与脊髓拴系相关的指南: 神经外科医师大会 (Congress of Neurologic Surgeons) 发布的关于儿童脊髓脊膜膨出的指南^[62]; 英国国家卫生与护理卓越研究所 (National Institute for Health and Care Excellence) 发布的关于胎儿开放性神经管缺损的开放产前修复手术指南^[63], 以及关于胎儿开放性神经管缺损的胎镜产前修复手术指南^[64]; 脊柱裂协会 (Spina Bifida Association) 发布的指南^[65]; 欧洲泌尿学协会 / 欧洲小儿泌尿学

会 (European Association of Urology/European Society for Pediatric Urology) 发布的关于儿童和青少年神经源性膀胱管理的指南^[66]；国际儿童排便协会 (International Children's Continence Society) 发布的关于隐性脊柱裂脊髓栓系综合征的指南^[67]；脊髓栓系手术后减少伤口并发症的最佳实践专家共识文件^[68]。然而，现有指南主要针对诊断或高度相关的脊髓栓系综合征，并未提供针对脊髓栓系综合征诊断或治疗的临床实践指导。目前正在制定中的神经外科医师大会指南将填补这一重要的临床实践空白^[10]。此外，本研究表明，尽管现有数据支持目前对脊髓栓系综合征的诊断、分诊和治疗实践，但在临床研究方面仍存在显著不足，特别是缺乏包含明确定义和可量化结果的比较研究。

为了进一步完善证据基础，亟需改进报告质量，并开展同期对照研究。尽管许多研究报告了诊断方法的使用经验，但诊断准确性的具体结果报告仍严重不足。尽管这些结果至关重要，但是我们未发现有任意的治疗研究详细报告了关键指标，例如不良事件发生人数，而许多其他重要的结果数据也不足以得出确切的证据结论。同样，我们发现了数百项病例系列研究，这些研究记录了脊髓栓系患者的情况。然而，这些研究的报告内容有限，其设计存在局限性（尤其是缺乏对照或比较组的信息，以及样本完整结果数据的缺失），因此对临床实践的指导价值极为有限。

现有研究的设计需要改进，尤其是要加入对照组或比较组。脊髓栓系是一种进展性疾病，单组研究无法有效区分干预效果和疾病自然进展的影响。诊断准确性研究的作者应明确报告诊断检测与参考标准的对比结果。对于治疗研究，则需要采用随机对照试验等不以患者特征为基础分配治疗的设计，以形成更强的证据基础。理想情况下，随机对照试验应对患者按神经损伤程度进行分层。这类研究可能有助于回答手术与非手术治疗对脊髓栓系患者的

相对优劣问题。另一种选择是开展大规模前瞻性观察研究，通过定量指标和神经功能评估，密切跟踪无症状和有症状患者，从而提供关于患者自然病程和进展风险的重要信息。

尽管在脊髓栓系病例系列中记录了常见诊断程序的使用和临床经验，但仍存在许多悬而未决的问题，特别是与这些模式的准确性有关的问题。本系统评价显示，除 MRI 和超声检查以外，关于其他诊断方法的相关数据有限。未来的研究应更加全面地评估不同的诊断选择，以进一步提高诊断准确性。

未来的研究应更加系统和量化地报告结果，包括不良事件的发生率。针对所有关键问题，尽管专家明确建议关注关键结果，但我们发现现有研究仍缺乏许多结果的充分证据。对于用于诊断脊髓栓系的检测，我们未发现作者报告过度治疗、不足治疗或使用诊断模式的任何临床影响。对于预防性手术，目前没有数据显示其对症状评分、步行能力、生活质量、疼痛、不良事件人数以及再次手术需求的具体影响。尽管许多治疗研究对有症状患者的干预进行了评估，但未发现任何研究使用标准化量表来评估脊髓栓系的相关症状。虽然一些研究报告了术后并发症，但这些有限研究的结果存在矛盾，因此需要更多研究来提供明确的证据支持。关于脊髓再栓系的研究基础，许多专家提出的以患者为中心的关键结果仍显不足，这些结果对指导临床实践至关重要，进一步强调了相关研究的必要性。总体而言，应更加重视以患者为中心的结果报告，例如步行能力和肾功能保护，这些因素是患者决定是否接受脊髓栓系松解手术的重要考量因素。

（韩勇 译 王杭州 校）

联系人：丁欣 etyxcbzx@suda.edu.cn

参考文献

- 1 Fuse T, Patrickson JW, Yamada S. Axonal transport of horseradish

- peroxidase in the experimental tethered spinal cord. *Pediatr Neurosci*. 1989;15(6):296–301
- 2 Koçak A, Kiliç A, Nurlu G, et al. A new model for tethered cord syndrome: a biochemical, electrophysiological, and electron microscopic study. *Pediatr Neurosurg*. 1997;26(3):120–126
- 3 Yamada S, Iacono RP, Andrade T, et al. Pathophysiology of tethered cord syndrome. *Neurosurg Clin N Am*. 1995;6(2):311–323
- 4 Yamada S, Zinke DE, Sanders D. Pathophysiology of “tethered cord syndrome”. *J Neurosurg*. 1981;54(4):494–503
- 5 Yamada S, Won DJ, Yamada SM. Pathophysiology of tethered cord syndrome: correlation with symptomatology. *Neurosurg Focus*. 2004;16(2):E6
- 6 Kang JK, Kim MC, Kim DS, Song JU. Effects of tethering on regional spinal cord blood flow and sensory-evoked potentials in growing cats. *Childs Nerv Syst*. 1987;3(1):35–39
- 7 Kulkarni AV, Pierre-Kahn A, Zerah M. Spontaneous regression of congenital spinal lipomas of the conus medullaris. Report of two cases. *J Neurosurg*. 2004;101(2 Suppl):226–227
- 8 Tuuha SE, Aziz D, Drake J, et al. Is surgery necessary for asymptomatic tethered cord in anorectal malformation patients? *J Pediatr Surg*. 2004;39(5):773–777
- 9 Pierre-Kahn A, Zerah M, Renier D, et al. Congenital lumbosacral lipomas. *Childs Nerv Syst*. 1997;13(6):298–334
- 10 Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ). Research protocol: diagnosis and treatment of tethered spinal cord. Available at: <https://effectivehealthcare.ahrq.gov/products/tethered-spinal-cord/protocol>. Accessed May 14, 2024
- 11 Hsieh P, Briggs R, Apaydin E, et al. Systematic review – diagnosis and treatment of tethered spinal cord. Available at: https://www.crd.york.ac.uk/prospetro/display_record.php?RecordID=461296. Published 2023. Accessed May 14, 2024
- 12 University of Bristol. QUADAS-2. Available at: <https://www.bristol.ac.uk/population-health-sciences/projects/quadas/quadas-2/>. Accessed February 10, 2021
- 13 Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019;366:l4898
- 14 Kucera JN, Coley I, O'Hara S, et al. The simple sacral dimple: diagnostic yield of ultrasound in neonates. *Pediatr Radiol*. 2015;45(2):211–216
- 15 Rafiee F, Mehan WA, Rincon S, et al. Diagnostic utility of 3D gradientecho MR imaging sequences through the filum compared with spin-echo T1 in children with concern for tethered cord. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2023;44(3):323–327
- 16 Sankhe S, Dang G, Mathur S, Muzumdar D. Utility of CISS imaging in the management of tethered cord syndrome. *Childs Nerv Syst*. 2021;37(1):217–223
- 17 Singh S, Kline-Fath B, Bierbrauer K, et al. Comparison of standard, prone and cine MRI in the evaluation of tethered cord. *Pediatr Radiol*. 2012;42(6):685–691
- 18 Stamates MM, Frim DM, Yang CW, et al. Magnetic resonance imaging in the prone position and the diagnosis of tethered spinal cord. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;21(1):4–10
- 19 Ben-Sira L, Ponger P, Miller E, et al. Low-risk lumbar skin stigmata in infants: the role of ultrasound screening. *J Pediatr*. 2009;155(6):864–869
- 20 Jehangir S, Adams S, Ong T, et al. Spinal cord anomalies in children with anorectal malformations: ultrasound is a good screening test. *J Pediatr Surg*. 2020;55(7):1286–1291
- 21 Li C, Gao B, Lin H, et al. Efficacy of microsurgery for congenital neural tube defects in newborns. *Am J Transl Res*. 2022;14(8):5574–5582
- 22 van der Meulen WD, Hoving EW, Staal-Schreinemacher A, Begeer JH. Analysis of different treatment modalities of tethered cord syndrome. *Childs Nerv Syst*. 2002;18(9-10):513–517
- 23 Goldstein HE, Shao B, Madsen PJ, et al. Increased complications without neurologic benefit are associated with prophylactic spinal cord untethering prior to scoliosis surgery in children with myelomeningocele. *Childs Nerv Syst*. 2019;35(11):2187–2194
- 24 Jalai CM, Wang C, Marascalchi BJ, et al. Trends in the presentation, surgical treatment, and outcomes of tethered cord syndrome: a nationwide study from 2001 to 2010. *J Clin Neurosci*. 2017;41:92–97
- 25 Erkan K, Unal F, Kiriş T. Terminal syringomyelia in association with the tethered cord syndrome. *Neurosurgery*. 1999;45(6):1351–1360
- 26 Mehta VA, Gottfried ON, McGirt MJ, et al. Safety and efficacy of concurrent pediatric spinal cord untethering and deformity correction. *J Spinal Disord Tech*. 2011;24(6):401–405
- 27 Oda JE, Shah SA, Mackenzie WG, et al. Concurrent tethered cord release and growing-rod implantation-is it safe? *Global Spine J*. 2012;2(4):207–212
- 28 Kunes J, Quan T, Iyer R, et al; Pediatric Spine Study Group. Reduced complication rate with simultaneous detethering and spinal deformity correction surgery compared with staged surgeries in patients with early onset scoliosis. *Spine Deform*. 2022;10(6):1473–1480
- 29 Mehta VA, Bettgowda C, Ahmadi SA, et al. Spinal cord tethering following myelomeningocele repair. *J Neurosurg Pediatr*. 2010;6(5):498–505
- 30 Hoffman HJ, Taecholarn C, Hendrick EB, Humphreys RP. Management of lipomyelomeningoceles. Experience at the Hospital for Sick Children, Toronto. *J Neurosurg*. 1985;62(1):1–8
- 31 Jun G, Xiangyi K, Zhimin L, et al. Surgical treatments on adult tethered cord syndrome. *Medicine*. 2016;95(46):1–5

- 32 Strong MJ, Thompson EM, Roundy N, Selden NR. Use of lumbar laminoplasty versus laminotomy for transection of the filum terminale does not affect early complication rates or postoperative course. *Childs Nerv Syst.* 2015;31(4):597–601
- 33 Erkan K, Unal F, Kiris T, Karalar T. Treatment of terminal syringomyelia in association with tethered cord syndrome: clinical outcomes with and without syrinx drainage. *Neurosurg Focus.* 2000;8(3):E9
- 34 Samuels R, McGirt MJ, Attenello FJ, et al. Incidence of symptomatic retethering after surgical management of pediatric tethered cord syndrome with or without duraplasty. *Childs Nerv Syst.* 2009;25(9):1085–1089
- 35 Abdallah A, Emel E, Abdallah BG, et al. Factors affecting the surgical outcomes of tethered cord syndrome in adults: a retrospective study. *Neurosurg Rev.* 2018;41(1):229–239
- 36 Sadrameli SS, Chu JK, Chan TM, et al. Minimally invasive tubular tethered cord release in the pediatric population. *World Neurosurg.* 2019;128:e912–e917
- 37 Potts MB, Wu JC, Gupta N, Mummaneni PV. Minimally invasive tethered cord release in adults: a comparison of open and miniopen approaches. *Neurosurg Focus.* 2010;29(1):E7
- 38 Hayashi T, Kimiada T, Kohama M, et al. Minimally invasive surgical approach to filum lipoma. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2018; 58(3):132–137
- 39 Byrne RW, Hayes EA, George TM, McLone DG. Operative resection of 100 spinal lipomas in infants less than 1 year of age. *Pediatr Neurosurg.* 1995;23(4):182–187
- 40 Al-Holou WN, Muraszko KM, Garton HJ, et al. The outcome of tethered cord release in secondary and multiple repeat tethered cord syndrome. *J Neurosurg Pediatr.* 2009;4(1):28–36
- 41 Nakashima H, Imagama S, Matsui H, et al. Comparative study of untethering and spine-shortening surgery for tethered cord syndrome in adults. *Global Spine J.* 2016;6(6):535–541
- 42 Düz B, Gocmen S, Secer HI, et al. Tethered cord syndrome in adulthood. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(3):272–278
- 43 Steinbok P, MacNeily AE, Hengel AR, et al. Filum section for urinary incontinence in children with occult tethered cord syndrome: a randomized, controlled pilot study. *J Urol.* 2016;195(4 Pt 2):1183–1188
- 44 Lagae L, Verpoorten C, Casaer P, et al. Conservative versus neurosurgical treatment of tethered cord patients. *Z Kinderchir.* 1990;45(Suppl 1):16–17
- 45 Yoneyama T, Fukui J, Ohtsuka K, et al. Urinary tract dysfunctions in tethered spinal cord syndrome: improvement after surgical untethering. *J Urol.* 1985;133(6):999–1001
- 46 Caldarelli M, Di Rocco C, Colosimo C, et al. Surgical treatment of late neurologic deterioration in children with myelodysplasia. *Acta Neurochir (Wien).* 1995;137(3–4):199–206
- 47 Xenos C, Sgouros S, Walsh R, Hockley A. Spinal lipomas in children. *Pediatr Neurosurg.* 2000;32(6):295–307
- 48 Liu M, Deng W, Lu YY, et al. Surgical treatment of tethered cord syndrome showed promising outcome in young children with short duration. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2023;27(5):1831–1836
- 49 Klekamp J. Tethered cord syndrome in adults clinical article. *J Neurosurg Spine.* 2011;15(3):258–270
- 50 Fekete G, Bognár L, Novák L. Surgical treatment of tethered cord syndrome-comparing the results of surgeries with and without electrophysiological monitoring. *Childs Nerv Syst.* 2019;35(6):979–984
- 51 Jiang J, Zhang S, Dai C, et al. Clinical observations on the release of tethered spinal cord in children with intra-operative neurophysiological monitoring: A retrospective study. *J Clin Neurosci.* 2020;71:205–212
- 52 Lalğudi Srinivasan H, Valdes-Barrera P, Ağur A, et al. Filum terminale lipomas—the role of intraoperative neuromonitoring. *Childs Nerv Syst.* 2021;37(3):931–939
- 53 Shahjouei S, Hanaei S, Habibi Z, et al. Randomized clinical trial of acetazolamide administration and/or prone positioning in mitigating wound complications following untethering surgeries. *J Neurosurg Pediatr.* 2016;17(6):659–666
- 54 Chern JJ, Tubbs RS, Patel AJ, et al. Preventing cerebrospinal fluid leak following transection of a tight filum terminale. *J Neurosurg Pediatr.* 2011;8(1):35–38
- 55 Baldia M, Rajshekhar V. Minimizing CSF leak and wound complications in tethered cord surgery with prone positioning: outcomes in 350 patients. *World Neurosurg.* 2020;137:e610–e617
- 56 Kanematsu R, Hirokawa D, Usami K, Ogiwara H. Is the postoperative horizontal decubitus position following transection of a tight filum terminale in pediatric patients necessary? -a retrospective cohort study. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2020;60(5):252–255
- 57 Udayakumaran S, Rathod CT. Tailored strategies to manage cerebrospinal fluid leaks or pseudomeningocele after surgery for tethered cord syndrome. *World Neurosurg.* 2018;114:e1049–e1056
- 58 Ogiwara H, Joko M, Takado M, et al. Duration of the horizontal decubitus position for prevention of cerebrospinal fluid leakage following transection of a tight filum terminale. *J Neurosurg Pediatr.* 2015;15(5):461–464
- 59 Pan J, Boop SH, Barber JK, et al. Perioperative complications and secondary retethering after pediatric tethered cord release surgery. *J Neurosurg Pediatr.* 2023;32(5):607–616
- 60 Zhang C, Chang C-C, Mummaneni PV, et al. Spinal column shortening versus revision detethering for recurrent adult

- tethered cord syndrome: a preliminary comparison of perioperative and clinical outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2020; 32(6):958–964
- 61 Haberl H, Tallen G, Michael T, et al. Surgical aspects and outcome of delayed tethered cord release. *Zentralbl Neurochir*. 2004; 65(4):161–167
 - 62 Mazzola CA, Assassi N, Baird LC, et al. Congress of neurologic surgeons systematic review and evidence-based guidelines for pediatric myelomeningocele: executive summary. *Neurosurgery*. 2019;85(3):299–301
 - 63 National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Open prenatal repair for open neural tube defects in the fetus: interventional procedures guidance [IPG668]. Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ipg668>. Accessed June 11, 2024
 - 64 National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Fetoscopic prenatal repair for open neural tube defects in the fetus: interventional procedures guidance [IPG667]. Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ipg667>. Accessed June 11, 2024
 - 65 Blount JP, Bowman R, Dias MS, et al. Neurosurgery guidelines for the care of people with spina bifida. *J Pediatr Rehabil Med*. 2020;13(4):467–477
 - 66 Stein R, Bogaert G, Dogan HS, et al. EAU/ESPU guidelines on the management of neurogenic bladder in children and adolescent part I diagnostics and conservative treatment. *Neurourol Urodyn*. 2020;39(1):45–57
 - 67 Tuite GF, Thompson DNP, Austin PF, Bauer SB. Evaluation and management of tethered cord syndrome in occult spinal dysraphism: recommendations from the international children's continence society. *Neurourol Urodyn*. 2018;37(3):890–903
 - 68 Alexiades NG, Ahn ES, Blount JP, et al. Development of best practices to minimize wound complications after complex tethered spinal cord surgery: a modified Delphi study. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;22(6):701–709
 - 69 Kerensky MJ, Paul A, Routkevitch D, et al. Tethered spinal cord tension assessed via ultrasound elastography in computational and intraoperative human studies. *Commun Med (Lond)*. 2024; 4(1):4
 - 70 Leung V, Pugh J, Norton JA. Utility of neurophysiology in the diagnosis of tethered cord syndrome. *J Neurosurg Pediatr*. 2015;15(4): 434–437
 - 71 Kamei N, Nakamae T, Nakanishi K, et al. Comparison of the electrophysiological characteristics of tight filum terminale and tethered cord syndrome. *Acta Neurochir (Wien)*. 2022; 164(8):2235–2242
 - 72 Thomas DT, Yener S, Kalyoncu A, et al. Somatosensory evoked potentials as a screening tool for diagnosis of spinal pathologies in children with treatment refractory overactive bladder. *Childs Nerv Syst*. 2017;33(8):1327–1333
 - 73 He SZ, Lv GR, Liu SL, Ruan JX. Prenatal ultrasound evaluation of the position of conus medullaris for the diagnosis of tethered cord syndrome. *Ultrasound Q*. 2016;32(4):356–360
 - 74 Lam WW, Ai V, Wong V, et al. Ultrasound measurement of lumbosacral spine in children. *Pediatr Neurol*. 2004;30(2):115–121
 - 75 Tu A, Hengel R, Cochrane DD. The natural history and management of patients with congenital deficits associated with lumbosacral lipomas. *Childs Nerv Syst*. 2016;32(4):667–673
 - 76 Oi S, Nomura S, Nagasaka M, et al. Embryopathogenetic surgicoanatomical classification of dysraphism and surgical outcome of spinal lipoma: a nationwide multicenter cooperative study in Japan. *J Neurosurg Pediatr*. 2009;3(5):412–419
 - 77 Tamura G, Morota N, Ihara S. Impact of magnetic resonance imaging and urodynamic studies on the management of sacrococcygeal dimples. *J Neurosurg Pediatr*. 2017;20(3): 289–297
 - 78 Bischoff A, Peña A, Ketzer , Campbell K, O' Neill B, Stence N, Mirsky D. The conus medullaris ratio: A new way to identify tethered cord on MRI. *J Pediatr Surg*. 2019;54:280–284
 - 79 Merx JL, Bakkerniezen SH, Thijssen HOM, Walder HAD. The tethered spinal cord syndrome: a correlation of radiological features and preoperative findings in 30 patients. *Neuroradiology*. 1989;31:63–70
 - 80 Witkamp TD, Vandertop WP, Beek FJ, Notermans NC, Gooskens RH, van Waes PF. Medullary cone movement in subjects with a normal spinal cord and in patients with a tethered spinal cord. *Radiology*. 2001;220:208–212
 - 81 Meyrat BJ, Tercier S, Lutz N, Rilliet B, Forcada Guex M, Vernet O. Introduction of a urodynamic score to detect pre and postoperative neurological deficits in children with a primary tethered cord. *Childs Nerv Syst*. 2003;19:716–721

【英文原件请参阅 *PEDIATRICS* 2024;154(5):e2024068270】