

• 临床指南 •

儿童急性过伸性脊髓损伤继发脊柱侧凸防治指南

中华医学会骨科学分会,中国医师协会骨科医师分会,中国康复医学会脊柱专业委员会,
国际脊柱侧凸研究会,国际神经修复学会,中国研究型医院学会神经再生与组织器官损伤修复专业委员会,
中西医结合专家志愿者委员会

【摘要】儿童急性过伸性脊髓损伤也称为下腰瘫,是指儿童在舞蹈下腰等活动中,脊柱过伸牵拉挤压脊髓所致的急性无骨折脱位的特殊类型胸腰段脊髓损伤。其为新的脊髓损伤亚类,已成为中国儿童脊髓损伤的首要原因,主要发生于10岁以下女童,多为完全性脊髓损伤,预后极差,常继发重度脊柱侧凸、髋关节脱位、骨质疏松性骨折、压疮等多种并发症。完全性脊髓损伤下腰瘫患儿继发脊柱侧凸的发生率高达97.7%,由于患儿正处于脊柱、胸廓及肺部发育的关键时期,诊疗不当可能导致脊柱畸形进行性加重及胸廓发育受限。目前国内缺乏下腰瘫继发脊柱侧凸的相关诊疗指南,很多专科医师对其临床特点、预防、诊断、治疗、预后等认识不足。经中华医学会骨科学分会发起,并联合中国医师协会骨科医师分会、中国康复医学会脊柱专业委员会、国际脊柱侧凸研究会、国际神经修复学会、中国研究型医院学会神经再生与组织器官损伤修复专业委员会、中西医结合专家志愿者委员会,组织国内相关领域专家反复讨论,采用国际实践指南报告规范(RIGHT)和推荐意见分级的评估、制定及评价(GRADE),遴选出骨科医师最关注的11个临床问题,最终形成11条推荐意见,以规范下腰瘫继发脊柱侧凸的防治。

【关键词】急性过伸性脊髓损伤;下腰瘫;儿童;脊柱侧凸;指南

【中图分类号】R683

【文章编号】2095-9958(2025)07-0577-14

【文献标志码】A

DOI:10.3969/j.issn.2095-9958.2025.07.01

Guidelines for the prevention and treatment of scoliosis secondary to pediatric acute hyperextension spinal cord injury

Chinese Orthopaedic Association, Chinese Association of Orthopaedic Surgeons, Chinese Association of Spine,

Scoliosis Research Society, International Association of Neurorestoratology,

Neural Regeneration and Tissue and Organ Injury Repair Commitee of Chinese Research Hospital Association,

Expert Volunteer Committee on Integrated Chinese and Western Medicine

Corresponding Authors: TANG Lulu, GUO Xiaodong, YANG Xu, SHEN Xiantao, YIN Guoyong, HAI Yong

【Abstract】Pediatric acute hyperextension spinal cord injury, also known as back-bending paralysis, is a special type of acute thoracolumbar spinal cord injury without vertebral fracture or dislocation. It is caused by hyperextension and compression of the spinal cord in children during activities such as dancing or back-bend training. It is a new subtype of spinal cord injury and has become the leading cause of spinal cord injury in Chinese children. It mainly occurs in girls under 10 years of age. Most of them are complete spinal cord injuries with extremely poor prognosis. These children often develop multiple complications such as severe scoliosis, hip dislocation, osteoporotic fractures, and pressure sores. The incidence of secondary scoliosis in children with back-bending paralysis due to complete spinal cord injury is as high as 97.7%. As these children are in a critical stage of spinal, thoracic, and pulmonary development, improper diagnosis and treatment may lead to progressive aggravation of spinal deformity and restricted thoracic development. Currently, there is a lack of specific guidelines for the diagnosis and management of scoliosis secondary to back-bending paralysis at home and abroad. Many specialists have insufficient understanding of its clinical characteristics, prevention, diagnosis,

【通信作者】汤璐璐,E-mail:tll@hust.edu.cn;郭晓东,E-mail:xiaodongguo@hust.edu.cn;杨旭,E-mail:280148765@qq.com;沈先涛,E-mail:xiantaoshen9815@aliyun.com;殷国勇,E-mail:guoyong_yin@sina.com;海涌,Email:spinesurgeon@163.com

【引用格式】中华医学会骨科学分会,中国医师协会骨科医师分会,中国康复医学会脊柱专业委员会,等.儿童急性过伸性脊髓损伤继发脊柱侧凸防治指南[J].中华骨与关节外科杂志,2025,18(7): 577-590.

treatment, and prognosis. To address this gap, The Chinese Orthopaedic Association, in collaboration with the Chinese Association of Orthopaedic Surgeons, the Chinese Association of Spine, the Scoliosis Research Society, the International Association of Neurorestoratology, the Neural Regeneration and Tissue and Organ Injury Repair Committee of Chinese Research Hospital Association, and the Expert Volunteer Committee on Integrated Chinese and Western Medicine convened a panel of domestic experts for extensive discussions. Using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) and Reporting Items for Practice Guidelines in Healthcare (RIGHT) standards, they identified 11 key clinical questions of greatest concern to orthopaedic surgeons and formulated 11 evidence-based recommendations aimed at standardizing the prevention and treatment of scoliosis secondary to pediatric back-bending paralysis.

【Key words】 Acute Hyperextension Spinal Cord Injury; Back-bending Paralysis; Children; Scoliosis; Guidelines

1 指南制定背景

儿童急性过伸性脊髓损伤 (pediatric acute hyperextension spinal cord injury, PAHSCI) 也称为下腰瘫, 是指儿童在舞蹈下腰等活动中, 脊柱过伸牵拉挤压脊髓所致的急性无骨折脱位的特殊类型胸腰段脊髓损伤^[1]。其主要发生在进行舞蹈下腰训练的儿童中, 多为完全性脊髓损伤^[2-3]。下腰瘫多发生在青春期前, 由于儿童脊柱的特殊解剖结构及发育不成熟, 患儿除了易发生脊髓损伤后的常见并发症外, 还易出现骨骼系统发育异常(如脊柱侧凸、髋关节脱位或髋关节发育不良)等并发症^[4]。其中脊柱侧凸是下腰瘫的一种复杂继发疾病, 几乎发生于所有骨骼未发育成熟的完全性脊髓损伤患儿(发生率高达 97.7%)^[2,4-5]。此类脊柱侧凸通常合并骨盆倾斜、髋关节脱位、压疮、肺功能损害。下腰瘫继发脊柱侧凸对身体功能的严重影响, 给患儿及其家庭带来了沉重的身心负担, 因此亟须规范其预防及治疗。

2022 年发布的《儿童急性过伸性脊髓损伤诊疗指南(2022 版)》^[2] 和 2023 年发布的 *Guidelines for management of pediatric acute hyperextension spinal cord injury*^[1] 从下腰瘫的发病机制、诊断、神经功能评估、治疗、预后评估、并发症及其预防等方面提出基于循证医学的建议, 规范了下腰瘫的预防、诊断、治疗等, 对该病的防治起到了一定的指导和规范作用。近年来, 由于国家的重视、各舞蹈培训机构的规范管理以及广大医护人员对下腰瘫认识的提高, 下腰瘫患儿数量的增长趋势明显减缓, 但随访过程中发现绝大多数下腰瘫患儿继发了脊柱侧凸。为了进一步优化下腰瘫继发脊柱侧凸的预防及治疗, 中华医学会骨科学分会联合中国医师协会骨科医师分会、中国康复医学会脊柱专业委员会、国际脊柱侧凸研究会、国际神经修复学会、中国研究型医院学会神经再

生组织器官损伤修复专业委员会、中西医结合专家志愿者委员会, 组织国内相关领域专家反复讨论, 基于近年来下腰瘫继发脊柱侧凸防治的最新进展, 遵循科学性、实用性和先进性原则编写。本指南主要内容包括下腰瘫继发脊柱侧凸的定义、流行病学、防治策略等方面。

2 下腰瘫概述

近年来, 随着越来越多的儿童参与下腰训练, 下腰瘫的发生率呈快速升高的趋势^[3,6]。据报道, 1992—2002 年因舞蹈下腰训练等导致的儿童脊髓损伤在所有儿童脊髓损伤中仅占 4.0%, 至 2019 年占比已高达 33.9%, 在无骨折脱位型脊髓损伤中占比更是高达 64.1%。目前, 下腰瘫已成为中国儿童脊髓损伤的首要原因, 发病年龄主要集中在 3~10 岁, 95.5% 的患儿为≤8 岁的女童, 其中 60.0%~75.8% 的病例为完全性脊髓损伤^[3,7-9]。

目前, 下腰瘫的发病机制尚不清楚, 推测可能是脊髓的“纵向牵拉”和“横向挤压”损伤所致^[10]。儿童脊柱极度过伸时引起整个脊髓的过度纵向牵拉损伤, 尤以圆锥-马尾/终丝交界部损伤为重(类似肌腱-肌腹交界处损伤断裂); 极度过伸也使多个椎体和关节突一过性滑脱或旋转剪切、后纵韧带/黄韧带突入椎管, 引起脊髓横向挤压损伤, 尤以顶椎 T9/10 为重。脊髓实质和局部小微动静脉的损伤及血栓形成, 使静脉回流障碍、动静脉压力梯度改变, 导致脊髓静脉高压症, 使脊髓缺血、水肿、坏死并形成恶性循环, 继而出现脊髓高压症(脊髓脊膜腔综合征), 最后造成脊髓梗死、萎缩^[2-3,6,11]。

下腰瘫属于新的脊髓损伤亚类, 其与经典的外伤性脊髓损伤不同, 无明显暴力外伤史, 不是发病后即刻瘫痪, 而是存在平均 4 h 的潜伏期。患儿起病时仅表现为腰腿部酸胀不适、麻木、乏力等轻微症状,

随后短时间内进行性加重(15 min至8 h,平均4 h),严重者可出现下肢运动感觉丧失、大小便功能障碍等截瘫表现,一般伤后24 h不再继续加重。由于下腰瘫患儿刚发病时仍能活动双下肢,或能站立行走,61.2%的患儿仍继续下腰或者进行其他训练项目及活动,部分患儿尽管未继续训练,但仍随意活动,极易造成二次损伤,前往医院就诊时也常被误诊或漏诊^[3]。大部分下腰瘫患儿入院时表现为完全性脊髓损伤,以T9~10平面脊髓损伤最为常见,表现为损伤平面以下感觉、运动功能丧失,腹胀,腹痛,大小便功能障碍,病理征阴性。下腰瘫的神经损伤程度可以提示其预后,神经症状轻的儿童,其神经功能有可能完全恢复;而神经损伤严重的儿童,其神经功能通常恢复有限甚至无法恢复。

下腰瘫也不同于传统分型的无骨折脱位型脊髓损伤,后者不同年龄均可发生,多有一过性的暴力外伤史;好发于颈段,胸腰段极少见;完全性脊髓损伤很少,预后尚可。下腰瘫也不同于冲浪者脊髓病,后者不同年龄均可发病。

完全性脊髓损伤下腰瘫患儿在损伤急性期MRI可见脊髓圆锥至中胸段(T6~9)的脊髓弥漫性水肿高信号,随后快速向上延伸,甚至可达上颈椎,然后逐渐下降,稳定在T9以下。而不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿则较少出现上述表现^[6,12]。完全性脊髓损伤下腰瘫患儿后期下段胸髓至脊髓圆锥明显萎缩(多为顶椎T9/T10平面以下),而不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿则很少出现脊髓萎缩。磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)发现脊髓背侧可见迂曲增粗的血管影,脊髓前动脉通畅,未见较大动脉损伤^[3]。对于少数症状轻微的下腰瘫患儿,脊髓MRI可能表现正常^[10]。磁共振弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)、纤维束示踪成像(diffusion tensor tractography, DTT)对诊断脊髓损伤更为敏感^[13-15],可早期(24 h内)发现脊髓神经纤维束损伤及微观病理改变^[15]。俯卧位与仰卧位MRI对比有助于发现患儿是否存在隐匿性脊髓栓系。

长期随访发现,完全性脊髓损伤[美国脊柱损伤协会残损分级(American Spinal Injury Association impairment scale, AIS)A级]下腰瘫患儿很少出现神经功能改善,预后差,并发症多且严重^[2-3,6]。不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿中,通常AIS C级、D级患儿的神经症状很快缓解或消失,部分AIS B级患儿的神经症状

可恢复较好^[2-3,6,12]。下腰瘫患儿多在青春期前发病,除泌尿系感染、肾积水、肾结石、排便障碍、神经源性骨质疏松及骨折、心理障碍等并发症外,极易出现骨骼系统发育异常,如脊柱侧凸、髋关节发育不良或脱位^[2-3,6,12,16-17]。其中继发性脊柱侧凸是完全性脊髓损伤下腰瘫患儿最常见(97.7%)的并发症,常导致严重脊柱畸形,并影响患儿的心肺功能及发育^[16-18]。

3 下腰瘫“黄金4小时”超早期防治策略

学者们认为8岁以下儿童脊柱未发育成熟,易发生下腰瘫^[9,12,19],北美地区、澳大利亚及印度关于舞蹈、体操等的运动指南明确禁止儿童参与过度后伸脊柱的运动或活动。60.0%~75.8%的下腰瘫病例为完全性脊髓损伤^[3,7-9],目前针对下腰瘫尚无明确有效的治疗方法。同时,下腰瘫存在潜伏期,患儿在发病最初的数小时内可能神经症状轻微,大部分患儿未能及时到医院接受治疗,仍在自由活动或被老师要求继续进行下腰等训练,不仅错过了最佳治疗时机,而且会加重原发脊髓损伤。

因此,下腰瘫的预防成为重中之重,推荐“黄金4小时”超早期预防策略^[3,10,20],包括:①10岁以下儿童应谨慎参加下腰等极度过伸/过屈脊柱的运动;②在下腰等训练中一旦摔倒,需平躺休息观察至少4 h,不能继续训练、坐起、站立等,以避免二次损伤;③若有任何不适,如腰腿酸痛、乏力、麻木、感觉异常、腹痛、腹胀,甚至大小便功能障碍等,须立即送至大型医院(脊髓损伤)专科救治,转运过程中保持平仰卧位;④儿童参加下腰等培训前,需经专科医师评估,并由家长签署知情同意书,排除脊髓栓系综合征(含隐匿性脊髓栓系)、关节松弛症、神经肌肉系统疾病、过胖过瘦、腰背核心肌力弱等情况,中医称之为判断有无骨错缝、筋出槽;⑤加强对培训机构和老师的同质化教育与监管(循序渐进、动态评估、因材施教、量力而行、一对一等);⑥家长要充分认识其严重风险,正确认识素质教育,顺其自然、勿盲目跟风内卷;⑦承担国家政策制定等职能部门需进一步编制和健全相关指南、规范及教材。

下腰瘫目前尚无高级别证据支撑的明确有效的治疗策略,其发病机制主要为脊髓高压征,初步研究结果表明,对于AIS B级、A2级(磁共振DTI和DTT提示脊髓纤维束未完全横断)患儿,推荐“黄金4小时”超早期治疗策略^[1-2,11,21-26],包括:①脊髓保护:可试行腰大池持续灌洗引流适量脑脊液,在降低脊髓内压、改善

脊髓的血流灌注、减轻脊髓缺血状态的同时,脉络丛每日产生的新鲜脑脊液可部分替换富含炎症因子的脑脊液,以改善恶劣微环境;可试行地塞米松鞘内给药以减轻局部炎症因子风暴;亦可考虑溶栓、扩血管、局部低温、维持适当的平均动脉压等方法。②早期充分减压:相对于经典外伤性脊髓损伤,脊髓高压征三主征为瘫痪、脊柱不稳、脊髓压迫,即急诊手术指征;两项检查为腰穿脑脊液静水压 $>200\text{ mmH}_2\text{O}$ ($1\text{ mmH}_2\text{O}=0.0098\text{ kPa}$)、椎板或脊髓外近红外检测脊髓血氧饱和度 $<58\%$ 。行椎板、硬脊膜或脊髓切开减压手术的指征为硬膜下/髓内血肿、脊髓广泛水肿、坏死。对于下腰瘫AIS B级、A2级(脊髓纤维束未完全横断)患儿,在严格把握手术适应证的情况下,可借鉴经典外伤性脊髓损伤早期充分减压的手术原则,行椎板、硬脊膜、脊髓切开充分减压及硬脊膜扩大成形术,椎板减压手术可选择全椎板切除或单开门手术;亦可考虑适当松解或切断终丝、齿状韧带、骶尾部硬脊膜与骶管的纤维固定结构等,以减轻对脊髓的牵张。

4 下腰瘫继发脊柱侧凸相关临床问题

临床问题1:下腰瘫继发脊柱侧凸的定义、发病机制和危险因素?

推荐意见:下腰瘫继发脊柱侧凸是一种因失神经支配,脊柱失去正常肌肉支撑、肌肉张力失平衡、骨与关节发育异常等原因导致的脊柱侧凸。(推荐强度及证据质量分级:GPS)

证据概述:临幊上常将站立位脊柱全长正位X线片上Cobb角 $\geq 10^\circ$ 侧方弯曲定义为脊柱侧凸。下腰瘫继发脊柱侧凸是指儿童极度过伸牵拉脊柱发生无骨折脱位性胸腰段脊髓损伤后,由于失神经支配,脊柱失去正常肌肉支撑、肌肉张力失平衡、骨与关节发育异常等原因导致的脊柱侧凸。目前其发病机制尚不清楚,推测可能是由于患儿在完成下腰等舞蹈动作、脊柱极度过伸时,对脊髓造成“纵向牵拉”和“横向挤压”损伤,完全性脊髓损伤导致损伤平面以下维持脊柱序列的肌肉支持突然终止,肌肉、韧带无法维持正常的脊柱序列来对抗重力,骨生长超过肌肉收缩的能力,导致骨生长失调和畸形。患儿的脊柱一旦发生轻微弯曲,就有不对称的力作用在椎体终板上,作用在椎体终板上的负荷增加会抑制其生长,负荷减少则生长较快。这种应力不均导致脊柱凹侧椎体发育抑制和椎体楔形变,由不对称的骨骼闭合导致的生长畸

形可引起脊柱畸形。不对称的生长畸形可能对脊柱结构造成进一步的不平等压迫,导致恶性循环,造成椎体和肋骨结构改变并进一步加重脊柱畸形^[5]。最终,这些姿势性弯曲会逐渐发展为结构性畸形。

临床问题2:下腰瘫继发脊柱侧凸流行病学特点?

推荐意见:据不完全统计,高达97.7%的完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱侧凸,40.0%的不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱侧凸。(推荐强度及证据质量分级:GPS)

证据概述:下腰瘫为中国特色的新的脊髓损伤亚类,脊柱侧凸是下腰瘫的一种复杂且严重的继发疾病,继发于几乎所有骨骼未发育成熟完全性脊髓损伤患儿^[4-5]。国内目前尚缺乏对下腰瘫相关长期并发症的全国性大规模高质量流行病学调查研究,下腰瘫继发脊柱侧凸的发生率分析来源于国内几个主要研究机构的文献总结。

据报道,97.7%的完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱发育异常,40.0%的不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱发育异常^[2]。Parent等^[4]进行了系统回顾,发现脊柱侧凸是儿童脊髓损伤的主要并发症之一。Lancourt等^[27]研究发现,10岁以下完全性脊髓损伤患儿脊柱侧凸的发生率为100%,11~16岁患儿的发生率为19%,16岁以上患儿的发生率为12%。在骨骼发育成熟之前发生完全性脊髓损伤的患儿全部发展为脊柱侧凸^[4,27-28],其中67%的患儿需要进行手术干预。发生完全性脊髓损伤时的年龄是出现脊柱侧凸最主要的预测因素,12岁及以下受伤的患儿需要手术干预的可能性几乎是12岁以上受伤患儿的4倍^[18]。Kulshrestha等^[17]研究发现,完全性脊髓损伤患儿的年龄 <14.6 岁是预测脊髓损伤后10年内发生脊柱侧凸的一个预测因素。Canavese等^[28]研究发现,100%的完全性脊髓损伤患儿都会发生脊柱侧凸。Schottler等^[16]对159例脊髓损伤患儿进行平均8.75年随访,发现96%的完全性脊髓损伤患儿会发生脊柱侧凸。

临床问题3:下腰瘫继发脊柱侧凸的临床特点?

推荐意见:下腰瘫患儿的继发性脊柱侧凸以冠状面失衡多见,严重程度与脊髓损伤的发病年龄、程度等有关^[5,29]。(推荐强度及证据质量分级:1A)

证据概述:下腰瘫继发脊柱侧凸不同于常见脊柱畸形。具有以下特点:^①下腰瘫继发脊柱侧凸患儿因肌肉无力、不平衡,加上重力、神经系统的影响,

将导致脊柱畸形进展,可导致不依赖于快速生长的脊柱侧凸的增加,同时存在椎体排列及骨发育失衡^[30]。②下腰瘫继发脊柱侧凸与成人脊髓损伤后的脊柱畸形略有不同,成人脊髓损伤后通常导致矢状面畸形,如脊柱后凸或前凸;下腰瘫往往导致冠状面畸形及腰椎后凸,多表现为长C型弯,并均伴有骨盆倾斜^[20]。③下腰瘫继发脊柱侧凸患儿通常存在多种合并症,如髋关节发育不良、髋关节半脱位/脱位、下肢旋转畸形、皮肤破溃、骨质疏松等^[4-5,16,31],通常骨盆倾斜、髋关节脱位和脊柱侧凸进展三者相互影响。严重的骨盆倾斜和髋关节脱位、内收畸形导致躯干失衡,长期施加在脊柱上的不平衡应力会使脊柱侧凸进一步进展。④下腰瘫继发脊柱侧凸与脊髓损伤程度密切相关。下腰瘫患儿多为截瘫,相较四肢瘫痪患儿更容易发生脊柱侧凸^[32]。AIS C级、D级和大多数AIS B级下腰瘫患儿预后较好,少部分AIS B级下腰瘫患儿预后稍差,AIS A级需要长期佩戴支具和助行器才能行走、或长期处于轮椅坐位甚至卧床。这些未能恢复双下肢肌力但借助辅具坐起或站立的下腰瘫患儿,发生脊柱侧凸的程度更重、进展更容易。该现象可能是因为保留了部分躯干肌肉力量,虽然对脊柱稳定性起到一定程度的维持作用,但左右椎旁肌肌力或肌张力持续不平衡导致脊柱异常负重,对脊柱畸形的进展也起到重要的作用。损伤持续时间对脊柱侧凸成角和分布均无明显影响^[32]。⑤发生下腰瘫时的年龄被认为是继发性脊柱侧凸进展和最终手术融合的关键决定因素^[5,29]。下腰瘫发病年龄主要集中在3~10岁^[33],且脊髓损伤分级多为AIS A级,因此继发性脊柱侧凸的发生率更高。⑥下腰瘫继发脊柱侧凸患儿在青春期之前进行保守治疗,然而随着年龄的增长,脊柱畸形持续加重,需要进行脊柱融合手术,但也会因为胸廓的固定而限制肺泡的发育,极大增加了治疗难度^[33]。

临床问题4:下腰瘫继发脊柱侧凸的主要临床症状?

推荐意见:下腰瘫继发脊柱侧凸的主要临床症状为截瘫、脊柱侧凸、髋关节脱位/半脱位,脊柱侧凸严重者可出现心肺功能不全等相关症状。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:下腰瘫继发脊柱侧凸患儿的临床症状兼具下腰瘫和脊柱畸形的临床表现。主要临床症状包括:①截瘫:多为T9以下感觉运动丧失、大小便

功能障碍。这些患儿即使双上肢神经功能良好,但是为了平衡两侧臀部受力不对称,经常需要双手支撑躯干以维持坐位状态或调整体态,形成“功能性上肢瘫痪”。②脊柱侧凸:下腰瘫继发脊柱侧凸比特发性脊柱侧凸发病更早,发病节段较长、侧移较重,以腰弯多见,其次是双主弯、胸腰弯和胸弯。③髋关节脱位/半脱位:随着脊柱侧凸的进展,更多椎体被累及,常累及骶骨而发生骨盆倾斜,多表现为骨盆倾斜、髋关节发育不良、髋关节脱位/半脱位^[34]。④背痛:患儿常描述为持续性背部疼痛,且疼痛部位通常定位在畸形水平。有学者认为背痛是由畸形水平的脊柱生物力学异常引起的,导致软组织和周围结构的力学改变^[30]。⑤神经源性压疮:伴有骨盆倾斜的患儿由于坐位时负重面不平衡,佩戴支具后容易形成压疮,并由于创面失神经支配而迁延难愈、甚至继发严重感染。⑥心肺功能异常:大多数脊柱侧凸患儿会出现椎体-肋骨-胸骨复合体结构的畸形,改变了呼吸系统的顺应性,对肺泡发育产生极大影响,这种限制性肺部疾病可导致肺动脉高压,继而发展为右心衰或肺心病^[35],出现呼吸困难、胸闷等症状。⑦泌尿系统并发症:泌尿系统感染及排尿功能障碍是下腰瘫患儿的常见并发症,其中以泌尿系统感染最为常见。⑧神经源性骨质疏松与肌少症:因骨骼系统废用无机械力学刺激、肌骨组织失神经及体内激素改变,导致骨量丢失、骨微结构破坏,并以骨强度下降、骨折风险增加为特征。⑨心理疾患:下腰瘫患儿存在严重的神经功能障碍,同时也给处于发育阶段的患儿带来严重的心理问题(如焦虑、抑郁),并严重影响其生活质量,不利于患儿的康复及身心健康发展。

临床问题5:下腰瘫继发脊柱侧凸应选择哪些影像学检查?

推荐意见:下腰瘫继发脊柱侧凸患儿应首选X线检查,必要时可行CT、MRI等检查^[20,36],以进一步随访脊髓恢复情况。(推荐强度及证据质量分级:1B)

证据概述:下腰瘫继发脊柱侧凸患儿建议行坐位脊柱全长正侧位和Bending位X线检查,通过侧凸Cobb角评估脊柱柔韧度。骨盆X线片可以早期发现及评估髋关节发育不良,骨盆倾斜角(pelvic obliquity angle, POA)>5°的患儿,可以通过作用于单侧下肢的不对称牵引评估骨盆倾斜的可复性;继发严重脊柱侧凸的患儿推荐通过胸部CT观察胸腔大

小及支气管走行,脊柱侧凸前方的支气管口径经常降低,这种支气管“拉伸”可引起可逆或不可逆的肺不张和肺容积减少,必要时可行全脊柱MRI。对于完全性脊髓损伤下腰瘫患儿,通常会发现其中远段脊髓严重萎缩并呈线样。

临床问题6:下腰瘫继发脊柱侧凸的诊断需与哪些疾病相鉴别?

推荐意见:不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿后期出现脊柱侧凸需与青少年特发性脊柱侧凸等疾病相鉴别。(推荐强度及证据质量分级:GPS)

证据概述:随访发现下腰瘫患儿多为AIS A级,早期脊髓损伤严重,后期肌力恢复极差;而AIS B~D级、特别是AIS C级、D级下腰瘫患儿的神经功能障碍症状轻微,症状很快好转,治疗后仅遗留少许神经功能障碍。脊髓栓系综合征、脊髓炎、脊髓血管畸形、脊髓肿瘤是非创伤性脊髓损伤的常见病因,诊断下腰瘫时需要先排除上述疾病。

下腰瘫继发脊柱侧凸需要与特发性脊柱侧凸、先天性脊柱畸形、其他神经肌源性脊柱侧凸、综合征性脊柱侧凸(如马方综合征、神经纤维瘤病等)、功能性或非结构性脊柱侧凸相鉴别。特发性脊柱侧凸常发生于儿童后期(青少年型)或青春期,是一项排他性诊断,斜头畸形、蝙蝠耳或斜颈可能提示婴儿特发性脊柱侧凸;先天性脊柱侧凸是脊柱胚胎发育异常所致,其发病较早,多在婴幼儿期被发现;神经肌源性脊柱侧凸可行脑干和脊髓MRI以排除中枢神经系统异常,特别是8岁及以下脊柱侧凸Cobb角>20°的患儿;马方综合征患儿呈瘦长体型、细长脸,由于其主要引起管状骨的过度生长,因此形成瘦长四肢、细长指(趾)的特殊体征,又被称为蜘蛛样指(趾)改变,通常表现为双臂平展长度/身高>1.05、掌骨指数>8.4、胸骨畸形(漏斗胸或鸡胸)、关节韧带松弛、关节半脱位、高弓足、扁平足、脊柱畸形(侧凸、后凸、平背)等,建议行心脏和眼科检查;神经纤维瘤病为单一基因病变所致的常染色体遗传性疾病,其中2%~36%的患者伴有脊柱侧凸,以及躯干和腋窝咖啡斑;功能性或非结构性脊柱侧凸可由姿态不正、神经根刺激、下肢不等长等因素导致,一般早期纠正原始病因后,脊柱侧凸能自行消除。

临床问题7:下腰瘫继发脊柱侧凸如何预防?

推荐意见:定期复查、康复理疗、佩戴支具等是预防下腰瘫继发脊柱侧凸及其进展的重要手段。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:下腰瘫患儿多为AIS A级、B级,早期脊髓损伤严重,后期肌力恢复较差。发生完全性脊髓损伤时的年龄是继发性脊柱侧凸进展的关键决定因素^[5,10,29,31],且绝大多数患儿会进展为脊柱侧凸。因此,AIS C级、D级下腰瘫患儿的早期康复治疗成为预防脊柱侧凸发生的重要手段。AIS A级、B级下腰瘫患儿建议早期卧床6周,随后视情况给予长期支具固定,在支具保护下尽早行康复治疗;AIS C级、D级下腰瘫患儿建议早期卧床2~3周,随后视情况给予支具固定2~3个月^[19,36-38]。发生下腰瘫后早期开始康复治疗可使患儿的神经功能得到最大限度的恢复^[37],避免进展为神经肌源性脊柱侧凸。之后建议每6~12个月复查脊柱X线片,一旦发现脊柱侧凸,应调整支具固定、改装轮椅等早期治疗,以防止脊柱侧凸进展。

临床问题8:下腰瘫继发脊柱侧凸的治疗原则?

推荐意见:下腰瘫继发脊柱侧凸的治疗应在控制脊柱侧凸进展的同时,尽可能保留脊柱、胸廓的生长能力。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:发生完全性脊髓损伤时的年龄被认为是继发性脊柱侧凸进展和最终进行融合手术的关键决定因素^[5,8,29,31]。下腰瘫患儿主要集中在3~10岁,此时正值脊柱、胸廓及肺部发育的关键时期。因此,下腰瘫继发脊柱侧凸的治疗应在控制脊柱侧凸进展的同时,尽可能保留脊柱、胸廓的生长能力。

下腰瘫继发脊柱侧凸的治疗手段主要是支具固定和手术治疗。由于患儿脊柱发育不成熟、柔韧性高,脊髓损伤后的脊柱可能存在隐性不稳定^[20,36]。虽然没有明确证据支持佩戴支具能够改善脊柱畸形,但在继发性脊柱侧凸发生前可通过佩戴支具来减缓脊柱侧凸进展而延迟手术治疗的时间^[39]、改善坐姿平衡和姿势^[40]。当脊柱侧凸对患儿的生活质量有显著影响或者Cobb角>40°时,应考虑手术治疗^[39]。中国目前尚缺乏针对下腰瘫患儿相关并发症长期随访的全国大规模流行病学调查研究,有关如何预防或减缓脊柱侧凸进展的策略尚不完善,因此下腰瘫继发脊柱侧凸应得到相关专科医师更多的关注和研究,从而更好地预防相关损伤。

临床问题9:关于下腰瘫继发脊柱侧凸的非手术治疗?

推荐意见:早期支具固定是下腰瘫继发脊柱侧凸的主要非手术治疗方式,但具有一定的局限性^[39,41]。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:胸腰骶支具固定是主要的治疗方法之一^[30,42]。对于下腰瘫继发脊柱侧凸,早期预防性支具固定是有必要的,其主要目的并非对脊柱施加压力或矫正畸形,而是维持躯干的功能位置,以保障上肢可进行有目的的活动^[30]。对于未达到生长高峰期的脊柱侧凸患儿,其脊柱全长X线片测量Cobb角达到10°就应及时进行支具固定;对于Cobb角≤20°的脊柱侧凸患儿,支具固定可以预防脊柱侧凸或延迟其进展,推迟手术年龄,为脊柱、胸廓生长及肺部的发育争取时间;对于20°<Cobb角<40°的脊柱侧凸患儿,可以尝试进行支具固定来延迟手术治疗,但治疗效果有限^[39];对于Cobb角≥40°的脊柱侧凸患儿,则不建议进行支具固定,此时保守治疗可能是无效的,并可能导致其他问题(如压疮或影响呼吸活动)^[39]。

非手术治疗方法不仅包括支具固定,还可以进行轮椅改装,将其模块化增加胸腰部侧向支撑、胸腰束带、大腿间衬垫,以防止髋关节内收/外展畸形^[40]。下腰瘫继发脊柱侧凸患儿大多存在截瘫、骨盆倾斜、腰椎同向脊柱侧凸,支具固定依然是下腰瘫患儿早期首选的治疗方式。

建议下腰瘫患儿早期佩戴支具行康复治疗^[43],在专业康复医师或训练师指导下,联合使用多种康复手段,包括运动训练(上肢、下肢肌肉的训练,方式包括跑步机训练、人工辅助训练、外骨骼或机器人辅助训练)^[9,38]、电磁刺激(包括经颅刺激、硬膜外刺激、经皮刺激、胫神经刺激、腓总神经刺激、腓肠肌比目鱼肌刺激等)^[9,44]、针灸等,系统、科学的康复治疗可以促进脊髓损伤患儿的功能康复,在一定程度上预防下腰瘫继发脊柱侧凸及延缓其进展。

另外,在下腰瘫继发脊柱侧凸的诊治过程中,同样需要时刻关注患儿的心理问题^[38],脊柱畸形及下肢截瘫等问题可能导致患儿缺乏自信、抑郁倾向及自杀观念等心理问题。

临床问题10:关于下腰瘫继发脊柱侧凸的非融合手术治疗?

推荐意见:对于10岁以下保守治疗失败的下腰瘫继发脊柱侧凸患儿,非融合手术应作为首选治疗方式^[45]。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:所有在骨骼发育成熟之前发生完全性脊髓损伤的下腰瘫患儿都会发展为脊柱侧凸,非手术治疗通常仅延缓手术时间而无法终止脊柱侧凸的进展,其中67%的患儿需要通过手术治疗来阻止病情

进展^[31]。下腰瘫继发脊柱侧凸患儿出现保守治疗控制困难的严重脊柱失稳定、背痛持续性加重、神经脊髓压迫症状、心肺功能受限等症状时,可行非融合手术治疗^[40,46],其最适合于年龄5~8岁,Cobb角>60°的患儿^[47]。非融合手术的目的是为了控制脊柱畸形进展、维持脊柱生长、保持胸廓和肺部的发育进而改善肺功能^[40,48]。常见的非融合手术方式为撑开型、压缩型和引导生长型^[49]。

撑开型非融合手术系统对脊柱节段、肋骨和/或骨盆施加机械牵张力,包括:
①传统生长棒(traditional growing rod, TGR):TGR是目前临幊上最常用的技术,可在有效控制脊柱侧凸进展的同时维持脊柱生长,缺点是需要每6~10个月撑开1次,一般撑开5次以后,由于软组织及自发融合等问题,继续撑开的能力有限,且深部感染发生率高于融合手术^[18,40]。并发症风险随着最初插入TGR时年龄的增加而降低,手术每推迟1年,并发症风险就会减少13%;而随着每次TGR操作的进行,并发症风险随之增加,每增加1次手术,并发症风险增加24%^[50-51]。
②纵向可撑开型假体钛肋技术(vertical expandable prosthetic titanium rib, VEPTR):VEPTR的基本原则是,经手术行胸廓重建后,通过在脊柱凹侧放置肋骨撑开器,对胸廓进行稳定支撑,并通过定期撑开来扩大胸廓容积,主要用于治疗胸廓发育不良综合征患儿,该类患儿因胸廓畸形无法支持正常的呼吸以及肺部发育。初次手术后每4~6个月撑开1次,其术后并发症显著高于TGR。
③磁控生长棒(magnetically controlled growing rod, MCGR):MCGR的手术方法同TGR,其中固定棒换为一次性使用的无菌钛制脊柱可伸缩棒,其中间部分扩大且包含1个磁力驱动的延长装置,每个月门诊随访,根据健康儿童脊柱生长图计算每次就诊的预测撑开长度^[52],并根据MCGR跨脊柱水平数量使用体外磁性装置调整撑开长度^[53]。MCGR与TGR相比可以减少手术次数,并可在清醒状态下体外进行内固定的延长^[54],因此相较TGR可以更频繁地调整生长棒,更好地模拟正常的脊柱生长^[53]。MCGR还可以在脊柱延长期间对有意识的患儿进行连续神经监测^[53]。但随访治疗过程中并发症的发生率并不低,包括体内金属棒撑开困难、近端交界性后凸及内固定失败等^[53]。

压缩型非融合手术系统对脊柱畸形的凸侧施加压缩力,导致凸侧的生长受到抑制,包括椎体钉(vertebral body screw, VBS)和椎体栓系术(vertebral

body tethering, VBT)。其原理以 Hueter-Volkmann 定律为基础,通过前路在顶椎取凸侧置入栓系绳或门型钉后,脊柱凸侧生长板因应力减小致纵向生长减速,而凹侧生长板因应力减小致生长增速,以调节脊柱重新趋于生长平衡。其适应证包括胸椎侧凸 30°~70°和胸腰椎侧凸 30°~60°的患儿^[45]。由于使用前入路,胸椎过度后凸(>40°)是相对禁忌证。此类技术主要适用于 9~10 岁、骨骼生长有限的患儿,在保证矫正效果的同时亦能保留椎体活动度,且未对患儿身高产生明显负面影响,其相较其他手术治疗方法有明显优势,但其术后并发症发生率并不低,包括内固定脱出、断钉、气胸、胸腔积液和肠系膜上动脉综合征等^[41]。

引导生长型非融合手术系统主要为 SHILLA 生长导向技术 (SHILLA growth guidance system, SGGS)。SGGS 最初报道于 2014 年,是一种生长引导式矫形技术,其适应证为冠状面 Cobb 角 >50°^[55]。与 Luque 技术不同,SGGS 在植入过程中,顶椎区是唯一骨膜下剥离的部分,避免了异位骨化和自发融合。导向钉使脊柱沿着导向棒轴向生长,从而避免了重复手术来延长植入^[56],是 TGR 手术量的 1/4^[57],但脊柱生长 (T1~S1 长度) 减少、脊柱侧凸矫正较少、并发症发生率较高^[55~56],对于生长潜力大的患儿,远端和近端螺钉可能会从导向棒上滑落,导致更换导向棒^[41]。

10 岁以下患儿可以使用生长棒固定以控制畸形,并在保留脊柱和胸部发育的同时延迟脊柱最终融合的年龄^[40,49,51]。有研究表明,使用生长棒治疗的患儿,其脊柱自发融合率为 89%^[58]。对于一些下腰椎继发脊柱侧凸患儿,行非融合手术治疗后的最终脊柱弯曲程度及身高令人满意(脊柱冠状面上侧凸角度 <50°,且平衡满意;矢状面无明显后凸畸形),并且没有临床或影像学证据表明存在与植入物相关的问题,因此认为,在骨骼成熟时保留生长棒而放弃最终的融合手术是一个可行的选择^[59~60]。然而,去除生长棒后不进行后续融合手术是一种不可接受的策略^[61],即便因感染等因素需去除生长棒,在感染控制后应根据患儿情况考虑重新植入内固定物或行融合手术^[59]。

临床问题 11:关于下腰椎继发脊柱侧凸的融合手术治疗?

推荐意见:对于年龄 ≥10 岁且侧凸 Cobb 角 ≥45° 的下腰椎继发脊柱侧凸患儿,推荐行脊柱融合术矫正脊柱畸形^[42]。(推荐强度及证据质量分级:2B)

证据概述:对于年龄 ≥10 岁且侧凸 Cobb 角 ≥45°

的下腰椎继发脊柱侧凸患儿,后路内固定矫形融合术是最常用、最有效的手术方法,通常采用内固定矫正畸形,自体骨或异体骨移植实现骨性融合^[42]。当 Cobb 角 >50° 时,脊柱融合手术的并发症也相应增加,通常与手术年龄无关^[62],但发生下腰椎时的年龄每减少 1 岁,脊柱融合术的风险就会增加 11%^[18]。与其他类型脊柱畸形(如特发性脊柱侧凸)相比,下腰椎继发脊柱侧凸患儿的手术风险更大(约 30%)^[28]。

对于下腰椎继发脊柱侧凸患儿,脊柱融合的目的是矫正脊柱畸形和骨盆倾斜,使脊柱在平衡的骨盆上方达到冠状面与矢状面平衡。在进行脊柱融合时,应当最大限度地保留患儿脊柱功能和提高生活质量,融合范围应长于特发性脊柱侧凸的融合节段。下腰椎继发脊柱侧凸的近端融合水平应达到 T4 以上(T2 或 T3)。如进行较短范围的融合,脊柱畸形有向头侧发展的趋势,融合区头侧可能发生后凸畸形加重^[63~64]。在没有显著骨盆倾斜的情况下,可以选择下腰椎(L4 或 L5)作为脊柱融合的远端,以保留患儿的腰骶屈曲^[65]。下腰椎继发脊柱侧凸大多为双下肢截瘫患儿,由于存在脊柱不平衡和下肢挛缩,严重骨盆倾斜很常见且呈进行性加重^[66]。融合至骨盆则可以提高患儿的步行或坐立能力,解放上肢;恢复患儿坐姿,减少压疮的发生率;缓解坐位时负重平面不平衡及肋骨撞击骨盆产生的疼痛;提供持久稳定的矫形效果。因此建议下腰椎继发脊柱侧凸伴骨盆倾斜患儿内固定可延伸至骶骨或双侧髂骨^[67]。

目前骨盆内固定技术主要包括 Galveston、髂骨螺钉和 S2AI 螺钉。Allen 和 Ferguson^[68]基于 Luque 棒提出的 Galveston 技术,使棒可以固定至骨盆上,让外科医师可以更有效地控制骨盆倾斜。Tsirikos 等^[69]在此基础上开发了 unit 棒,在脊柱畸形矫正和骨盆平衡重建方面有明显优势。随着椎弓根螺钉的发展,改用髂骨螺钉与 Galveston 棒系统连接来矫正骨盆倾斜,避免了 Galveston 技术复杂的腰骶段三维塑型,明显简化了手术操作,并可有效控制骨盆旋转,改善骨盆及躯干倾斜,重建躯干平衡。临床和生物力学研究显示,腰骶内固定应用髂骨螺钉后融合率得到改善,具备高抗拔出强度^[70~71]。Sponseller^[72]发明的经第 2 骶椎髂(secondary sacral alar-iliac, S2AI) 螺钉可穿透三层骨皮质而提供更强的生物力学固定强度及骨盆倾斜矫正力;术中可减少对局部软组织的剥离,无需使用单独连接杆,降低了感染发生率;由于 S2AI 螺钉末端低于髂骨钉末端,避免了钉端突起于皮肤;不影响在髂骨

上取骨用于植骨^[73]。陈溢等^[74]应用脊柱后路微创矫形术(minimally invasive surgery, MIS)与S2AI螺钉相结合,使用小切口治疗脊髓损伤导致的伴骨盆倾斜的麻痹性脊柱侧凸,亦取得良好疗效。郭晓东发明的协和钉中钉骶骨固定系统(union screw-in-screw, USS),包括髂骨钉中钉和S2AI钉中钉两种,其中S2AI钉中钉是在S2AI螺钉尾部另外贯穿置入1枚穿过髂骼关节进入骶椎的螺钉,以达到三角固定来增加固定力,降低了传统S2AI螺钉的远期松动风险。

5 指南制定的过程与方法

5.1 指南制定的方法学

本指南的制定符合指南研究与评价工具(Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation II, AGREE II)及世界卫生组织指南制定手册对于临床实践指南构建的概念与过程框架。本指南的制定过程严格按照预先的计划书开展,报告过程参考国际实践指南报告规范(Reporting Items for Practice Guidelines in Healthcare, RIGHT)。

5.2 指南的适用人群及使用者

本指南适用于疑似或已明确诊断为下腰痛继发脊柱侧凸的患儿。使用者为我国二、三级医疗机构的专科医务人员,包括骨科、儿科、神经外科、放射科、疼痛科、康复科、全科医学科等多学科的医师、专科护士、技师,以及基层卫生保健机构的医务人员。本指南仅作为学术性指导意见,不作为法律依据。因患儿病情存在个体差异或术者受到所处医疗环境的限制,本指南在临床工作中应根据具体情况灵活应用。

5.3 指南的制定机构

本指南由中华医学会骨科学分会发起,并联合中国医师协会骨科医师分会、中国康复医学会脊柱专业委员会、国际脊柱侧凸研究会、国际神经修复学会、中国研究型医院学会神经再生与组织器官损伤修复专业委员会、中西医结合专家志愿者委员会制定,方法学专家(华中科技大学同济医学院)提供方法学支持。启动时间为2022年2月24日,定稿时间为2025年3月25日。

5.4 指南制定计划书与注册

在开展指南制定前完成计划书的撰写工作,并在国际实践指南注册与透明化平台(www.guidelines-registry.cn)注册,注册号为PREPARE-2024CN961。

5.5 利益冲突声明与处理

所有参与指南制定的成员均对本指南有关的任何利益关系进行了声明,并填写了利益声明表。

5.6 临床问题的产生与重要性评价

临床问题的形成过程严格按照指南临床问题形成方法进行,并结合德尔菲法的循证思维。主要步骤包括:拟定咨询条目及提纲、确定专家组成员、多次函询及条目修订、调查结果的统计分析及反馈。本指南工作组通过第一轮开放性问卷调查收集了100份问卷共计30个临床问题,调研对象为全国多个省市、不同级别医院的各级医师,经汇总得到16个临床问题;第二轮调查,对临床问题的重要性进行评估(每个临床问题的重要性分为5个等级,即非常重要、比较重要、一般重要、不太重要以及不确定),通过对每个临床问题的重要性级别进行赋值和汇总,将11个临床问题进行重要性排序;第三轮讨论,对重要临床问题再次解构、删减和综合,最终确定纳入本指南的11个临床问题。

5.7 临床问题遴选与证据检索

针对纳入的临床问题,按照循证医学文献检索格式(即PICO原则,包括人群、干预措施、对照、结局指标)进行解构并进行证据检索:①检索数据库及平台包括PubMed、Web of Science、中国知网、万方数据库和中华医学会期刊全文数据库;②优先检索5年内已发表的系统评价、荟萃分析及随机对照试验,当最新证据不足或证据等级较低时增加检索5年以前发表的相关研究;③检索时间为建库至2025年2月25日;④草拟指南正文前对最近发表的证据开展进一步检索,更新检索的时间为2025年3月25日。

5.8 证据质量评价及推荐意见形成

针对系统评价和荟萃分析,使用系统评价的方法学质量评价工具进行方法学质量评价;针对随机对照试验,使用Cochrane风险偏倚评价工具评价;针对观察性研究,使用纽卡斯尔-渥太华量表对相应类型的研究进行方法学质量评价。本指南采用的文献等级评定标准参照推荐意见分级的评估、制定及评价(grading of recommendations assessment, development and evaluation, GRADE)方法进行证据质量分级,并对推荐强度进行分级,见表1和表2。通过3轮德尔菲法确立推荐意见方向和强度,最终形成11条推荐意见。本指南推荐意见汇总见表3。

表1 本指南中的证据质量分级与定义

证据质量分级	定义
高(A)	非常有把握观察值接近真实值
中(B)	对观察值有中等把握;观察值有可能接近真实值,但也有可能差别很大
低(C)	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)	对观察值几乎没有把握;观察值与真实值可能有极大差别

表2 本指南中的推荐强度分级与定义

推荐强度分级	定义
强推荐(1)	明确显示干预措施利大于弊
弱推荐(2)	利弊不确定或干预措施可能利大于弊
专家建议(good practice statement, GPS)	基于非直接证据或专家意见、经验形成的推荐

表3 儿童急性过伸性脊髓损伤继发脊柱侧凸防治指南汇总表

条目	推荐意见	推荐强度及证据质量分级
临床问题1	下腰瘫继发脊柱侧凸是一种因失神经支配,脊柱失去正常肌肉支撑、肌肉张力失平衡、骨与关节发育异常等原因导致的脊柱侧凸。	GPS
临床问题2	据不完全统计,高达97.7%的完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱侧凸,40.0%的不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿出现脊柱侧凸。	GPS
临床问题3	下腰瘫患儿的继发性脊柱侧凸以冠状面失衡多见,严重程度与脊髓损伤的发病年龄、程度等有关。	1A
临床问题4	下腰瘫继发脊柱侧凸的主要临床症状为截瘫、脊柱侧凸、髋关节脱位/半脱位,脊柱侧凸严重者可出现心肺功能不全等相关症状。	2B
临床问题5	下腰瘫继发脊柱侧凸患儿应首选X线检查,必要时可行CT、MRI等检查,以进一步随访脊髓恢复情况。	1B
临床问题6	不完全性脊髓损伤下腰瘫患儿后期出现脊柱侧凸需与青少年特发性脊柱侧凸等疾病相鉴别。	GPS
临床问题7	定期复查、康复理疗、佩戴支具等是预防下腰瘫继发脊柱侧凸及其进展的重要手段。	2B
临床问题8	下腰瘫继发脊柱侧凸的治疗应在控制脊柱侧凸进展的同时,尽可能保留脊柱、胸廓的生长能力。	2B
临床问题9	早期支具固定是下腰瘫继发脊柱侧凸的主要非手术治疗方式,但具有一定的局限性。	2B
临床问题10	对于10岁以下保守治疗失败的下腰瘫继发脊柱侧凸患儿,非融合手术应作为首选治疗方式。	2B
临床问题11	对于年龄≥10岁且侧凸Cobb角≥45°的下腰瘫继发脊柱侧凸患儿,推荐行脊柱融合术矫正脊柱畸形。	2B

5.9 指南发布和更新

指南全文优先在《中华骨与关节外科杂志》发表。同时,指南制定小组计划每2~3年进行指南的更新。

5.10 指南的实施与传播

指南出版后,将通过学术会议或学习班等方式进行传播。具体的传播方式包括:①在骨科等多学科会议上传播1~2年;②指南的正文将以期刊、单行本、手册等形式出版传播;③指南将以中、英文方式宣传,并在各大网站传播;④拟通过发布指南的相关解读文章进一步促进指南的实施。

附:专家组成员名单(按姓氏拼音排序)

蔡卫华	江苏省人民医院
曹晓建	江苏省人民医院
曾 练	华中科技大学同济医学院附属协和医院
柴 斌	深圳市南山区人民医院
陈 浩	首都医科大学附属北京友谊医院
陈 亮	苏州大学附属第一医院
陈开放	华中科技大学同济医学院附属协和医院
程黎明	同济大学附属同济医院
邓忠良	重庆医科大学附属第二医院
冯世庆	山东大学第二医院
付 昆	海南医学院第一附属医院

高 清	青岛大学附属医院	唐 海	首都医科大学附属北京友谊医院
郭 涛	贵州省人民医院	唐 硕	中山大学附属第八医院
郭晓东	华中科技大学同济医学院附属协和医院	唐家广	首都医科大学附属北京同仁医院
海 涌	首都医科大学附属北京朝阳医院	唐佩福	中国人民解放军总医院第四医学中心
郝 杰	重庆医科大学附属第一医院	陶惠人	香港大学深圳医院
何 达	首都医科大学附属北京积水潭医院	田 耘	北京大学第三医院
贺宝荣	西安交通大学附属红会医院	王 斌	空军特色医学中心
贺西京	西安交通大学第二附属医院	王 冰	中南大学湘雅二医院
胡 宁	重庆医科大学附属第一医院	王 松	武汉体育学院
胡 勇	香港大学	王 征	中国人民解放军总医院第四医学中心
胡建中	中南大学湘雅医院	王玉龙	武汉市第一医院
胡侦明	重庆医科大学附属第一医院	王运涛	东南大学附属中大医院
黄 奎	荆州市第一人民医院	王志萍	北京舞蹈学院
黄红云	河南医药大学第一附属医院	吴永超	华中科技大学同济医学院附属协和医院
黄振飞	江苏省人民医院	吴占勇	冀中能源邢台矿业集团总医院
李 锋	华中科技大学同济医学院附属同济医院	吴子祥	空军军医大学西京医院
李 进	华中科技大学同济医学院附属协和医院	谢 维	武汉中西医结合骨科医院
李 磊	陆军军医大学大坪医院	徐 峰	中国人民解放军中部战区总医院
李方财	浙江大学医学院附属第二医院	徐 穀	宁波市第一医院
李景峰	武汉大学中南医院	薛沛然	华中科技大学同济医学院附属协和医院
李美华	南昌大学第一附属医院	薛旭红	山西医科大学第二医院
李忠海	大连医科大学附属第一医院	杨 操	华中科技大学同济医学院附属协和医院
梁益建	华西妇产儿童医院	杨 炼	华中科技大学同济医学院附属协和医院
林浩东	上海交通大学附属第一人民医院	杨 强	天津医院
刘 鹏	陆军军医大学大坪医院	杨 旭	随州市第一人民医院
刘 永	安徽省儿童医院	杨超华	西南医科大学附属医院
刘根林	中国康复研究中心 北京博爱医院	杨大志	深圳市南山区人民医院
刘国辉	华中科技大学同济医学院附属协和医院	杨军林	上海交通大学医学院附属新华医院
刘宏建	郑州大学第一附属医院	杨明亮	中国康复研究中心
刘新宇	山东大学齐鲁医院	叶哲伟	华中科技大学同济医学院附属协和医院
卢超农	华中科技大学同济医学院附属协和医院	殷国勇	南京医科大学第一附属医院
卢宏伟	陆军军医大学第一附属医院	张学军	首都医科大学附属北京儿童医院
鲁齐林	武汉中西医结合骨科医院	张英泽	河北医科大学第三医院
鲁世保	首都医科大学宣武医院	张志成	中国人民解放军总医院第七医学中心
梅晰凡	锦州医科大学附属第一医院	仉建国	中国医学科学院北京协和医学院 北京协和医院
孟国林	空军军医大学西京医院	赵 宇	中国医学科学院北京协和医学院 北京协和医院
宁广智	天津医科大学总医院	赵东升	西安交通大学附属红会医院
钱邦平	南京大学医学院附属鼓楼医院	赵风东	浙江大学医学院附属邵逸夫医院
邱 勇	南京大学医学院附属鼓楼医院	赵志刚	武汉市第四医院
曲廷镇	华中科技大学同济医学院附属协和医院	郑启新	华中科技大学同济医学院附属协和医院
任永信	南京医科大学第一附属医院	郑召民	中山大学附属第一医院
邵增务	华中科技大学同济医学院附属协和医院	周 强	重庆医科大学附属第三医院
沈先涛	武汉儿童医院	周立金	首都医科大学附属北京朝阳医院
盛伟斌	新疆医科大学第一附属医院	周许辉	海军军医大学第二附属医院
舒 文	柳州市人民医院	周迎春	华中科技大学同济医学院附属协和医院
宋纯理	北京大学第三医院	朱丰照	陆军军医大学第二附属医院
宋建东	湖北省中西医结合医院	朱泽章	南京大学医学院附属鼓楼医院
苏培强	中山大学附属第一医院	Charles Tator	加拿大多伦多大学西区医院
孙天胜	中国人民解放军总医院第七医学中心	Michael Fehlings	加拿大多伦多大学西区医院
汤璐璐	华中科技大学同济医学院附属协和医院		

作者贡献声明:

汤璐璐	数据采集、指南撰写
郭晓东	研究设计及实施
海 涌	指南制定指导
殷国勇	指南制定指导
沈先涛	数据采集及分析
杨 旭	数据采集及分析
专家组	指南讨论及修改

【利益冲突】所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Zeng L, Wang YL, Shen XT, et al. Guidelines for management of pediatric acute hyperextension spinal cord injury [J]. Chin J Traumatol, 2023, 26(1): 2-7.
- [2] 中华医学会骨科学分会. 儿童急性过伸性脊髓损伤诊疗指南(2022版)[J]. 中华创伤杂志, 2022, 38(9): 776-784.
- [3] 王玉龙. 儿童急性过伸性脊髓损伤的回顾性研究[J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(8): 509-518.
- [4] Parent S, Mac-Thiong JM, Roy-Beaudry M, et al. Spinal cord injury in the pediatric population: a systematic review of the literature[J]. J Neurotrauma, 2011, 28(8): 1515-1524.
- [5] Driscoll SW, Skinner J. Musculoskeletal complications of neuromuscular disease in children[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2008, 19(1): 163-194.
- [6] Wang Y, Zeng L, Zhu F, et al. Acute hyperextension myelopathy in children: Radiographic predictors of clinical improvement[J]. Spinal Cord, 2022, 60(6): 498-503.
- [7] Zou Z, Teng A, Huang L, et al. Pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality: the Beijing experience [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2021, 46(20): E1083-E1088.
- [8] 王一吉, 周红俊, 卫波, 等. 儿童无骨折脱位型脊髓损伤120例临床特征分析[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(2): 122-125.
- [9] 王一吉, 周红俊, 卫波, 等. 儿童脊髓损伤275例人口学与损伤特点[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2015, 30(23): 1798-1800.
- [10] Pang D. Spinal cord injury without radiographic abnormality in children, 2 decades later[J]. Neurosurgery, 2004, 55 (6): 1325-1342; discussion 1342-1343.
- [11] Guo XD, Feng YP, Sun TS, et al. Clinical guidelines for neurorestorative therapies in spinal cord injury (2021 China version)[J]. J Neurorestoratology, 2021, 9(1): 31-49.
- [12] Wang Y, Zhu F, Zeng L, et al. Surfer myelopathy in children: a case series study[J]. World Neurosurg, 2021, 148: e227-e241.
- [13] Zhu F, Liu Y, Zeng L, et al. Evaluating the severity and prognosis of acute traumatic cervical spinal cord injury: a novel classification using diffusion tensor imaging and diffusion tensor tractography[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2021, 46(10): 687-694.
- [14] Zhu F, Zeng L, Gui S, et al. The role of diffusion tensor imaging and diffusion tensor tractography in the assessment of acute traumatic thoracolumbar spinal cord injury[J]. World Neurosurg, 2021, 150: e23-e30.
- [15] Zhu F, Wang Y, Kong X, et al. Assessment of acute traumatic cervical spinal cord injury using conventional magnetic resonance imaging in combination with diffusion tensor imaging-tractography: a retrospective comparative study [J]. Eur Spine J, 2022, 31(7): 1700-1709.
- [16] Schottler J, Vogel LC, Sturm P. Spinal cord injuries in young children: a review of children injured at 5 years of age and younger[J]. Dev Med Child Neurol, 2012, 54(12): 1138-1143.
- [17] Kulshrestha R, Kuiper JH, Masri WE, et al. Scoliosis in paediatric onset spinal cord injuries[J]. Spinal Cord, 2020, 58(20): 711-715.
- [18] Mulcahey MJ, Gaughan JP, Betz RR, et al. Neuromuscular scoliosis in children with spinal cord injury[J]. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2013, 19(2): 96-103.
- [19] Tong AN, Zhang JW, Zhou HJ, et al. Ischemic damage may play an important role in spinal cord injury during dancing [J]. Spinal Cord, 2020, 58(12): 1310-1316.
- [20] 李文涵, 王玉, 陈泉池, 等. 跳舞“下腰”致脊髓损伤后继发麻痹性脊柱侧凸的临床及影像学特征[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2024, 34(05): 490-496.
- [21] Cunha NSC, Malvea A, Sadat S, et al. Pediatric spinal cord injury: a review[J]. Children (Basel), 2023, 10(9): 1456.
- [22] 杜靖远, 邵增务, 罗怀灿, 等. 蛛网膜下腔早期药物灌注治疗脊髓损伤[J]. 中华实验外科杂志, 1994, 11(5): 270.
- [23] 曲延镇. 硬脊膜或脊髓切开减压治疗脊髓损伤后广泛水肿伴或不伴髓内血肿[J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(7): 707-713.
- [24] Zhu F, Yao S, Ren Z, et al. Early durotomy with duroplasty for severe adult spinal cord injury without radiographic abnormality: a novel concept and method of surgical decompression[J]. Eur Spine J, 2019, 28(10): 2275-2282.
- [25] Telemacque D, Zhu FZ, Ren ZW, et al. Effects of durotomy versus myelotomy in the repair of spinal cord injury[J]. Neural Regen Res, 2020, 15(10): 1814-1820.
- [26] Ramakonar H, Fehlings MG. 'Time is Spine': new evidence supports decompression within 24 h for acute spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2021, 59(8): 933-934.
- [27] Lancourt JE, Dickson JH, Carter RE. Paralytic spinal defor-

- mity following traumatic spinal-cord injury in children and adolescents[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1981, 63(1): 47-53.
- [28] Canavese F, Rousset M, Le Gledic B, et al. Surgical advances in the treatment of neuromuscular scoliosis[J]. *World J Orthop*, 2014, 5(2): 124-133.
- [29] Tsirikos AI, Markham P, McMaster MJ. Surgical correction of spinal deformities following spinal cord injury occurring in childhood[J]. *J Surg Orthop Adv*, 2007, 16(4): 174-186.
- [30] Berven S, Bradford DS. Neuromuscular scoliosis: causes of deformity and principles for evaluation and management [J]. *Semin Neurol*, 2002, 22(2): 167-178.
- [31] Cuddihy LA, Antonacci MD, Hussain AK, et al. Progressive neuromuscular scoliosis secondary to spinal cord injury in a young patient treated with nonfusion anterior scoliosis correction[J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2019, 25 (2): 150-156.
- [32] Bergström EM, Short DJ, Frankel HL, et al. The effect of childhood spinal cord injury on skeletal development: a retrospective study[J]. *Spinal Cord*, 1999, 37(12): 838-846.
- [33] Vitale MG, Matsumoto H, Bye MR, et al. A retrospective cohort study of pulmonary function, radiographic measures, and quality of life in children with congenital scoliosis: an evaluation of patient outcomes after early spinal fusion[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(11): 1242-1249.
- [34] Zhao X, Pan A, Hai Y. Greater pelvic obliquity in adolescent idiopathic scoliosis combined with hip dysplasia[J]. *Eur Spine J*, 2024, 33(2): 680-686.
- [35] Canavese F, Dimeglio A. Normal and abnormal spine and thoracic cage development[J]. *World J Orthop*, 2013, 4(4): 167-174.
- [36] Atesok K, Tanaka N, O'Brien A, et al. Posttraumatic spinal cord injury without radiographic abnormality[J]. *Adv Orthop*, 2018, 2018: 7060654.
- [37] 中华预防医学会脊柱疾病预防与控制专业委员会脊柱脊髓损伤疾病预防与控制学组, 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会基础研究学组. 急性脊柱脊髓损伤围术期管理临床指南[J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(7): 577-587.
- [38] 本刊编辑部. 关于脊髓损伤若干临床问题的专家意见[J]. *中华外科杂志*, 2007, 45(22): 1539-1542.
- [39] Mehta S, Betz RR, Mulcahey MJ, et al. Effect of bracing on paralytic scoliosis secondary to spinal cord injury[J]. *J Spinal Cord Med*, 2004, 27 Suppl 1: S88-S92.
- [40] Loughnbury PR, Tsirikos AI. Current concepts in the treatment of neuromuscular scoliosis: clinical assessment, treatment options, and surgical outcomes[J]. *Bone Jt Open*, 2022, 3(1): 85-92.
- [41] Zhang YB, Zhang JG. Treatment of early-onset scoliosis: techniques, indications, and complications[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2020, 133(3): 351-357.
- [42] 中国医师协会骨科医师分会, 中国医师协会骨科医师分会《早发性脊柱侧凸循证临床诊疗指南》编辑委员会. 中国医师协会骨科医师分会骨科循证临床诊疗指南: 早发性脊柱侧凸循证临床诊疗指南[J]. *中华外科杂志*, 2019, 57(3): 166-169.
- [43] 曹烈虎, 牛丰, 张文财, 等. 创伤性脊柱脊髓损伤康复治疗专家共识(2020版)[J]. *中华创伤杂志*, 2020, 36(5): 385-392.
- [44] Guo, X, Hu J, Feng S, et al. Clinical neurorestorative treatment guidelines for neurological dysfunctions of sequels from vertebral and spinal cord lesions (CANR 2023 version)[J]. *J Neurorestoratology*, 2023, 11(3): 100070.
- [45] Hardesty CK, Huang RP, El-Hawary R, et al. Early-onset scoliosis: updated treatment techniques and results[J]. *Spine Deform*, 2018, 6(4): 467-472.
- [46] Cunin V. Early-onset scoliosis: current treatment[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(1 Suppl): S109-S118.
- [47] Yang JS, McElroy MJ, Akbarnia BA, et al. Growing rods for spinal deformity: characterizing consensus and variation in current use[J]. *J Pediatr Orthop*, 2010, 30(3): 264-270.
- [48] Ruiz G, Torres-Lugo NJ, Marrero-Ortiz P, et al. Early-onset scoliosis: a narrative review[J]. *EFORT Open Rev*, 2022, 7 (8): 599-610.
- [49] Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, et al. A classification of growth friendly spine implants[J]. *J Pediatr Orthop*, 2014, 34(3): 260-274.
- [50] Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH, et al. Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(15): 2533-2543.
- [51] Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, et al. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(17 Suppl): S46-S57.
- [52] Abdelaal A, Munigangaiah S, Trivedi J, et al. Magnetically controlled growing rods in the treatment of early onset scoliosis: a single centre experience of 44 patients with mean follow-up of 4.1 years[J]. *Bone Jt Open*, 2020, 1(7): 405-414.
- [53] Cheung KM, Cheung JP, Samartzis D, et al. Magnetically controlled growing rods for severe spinal curvature in young children: a prospective case series[J]. *Lancet*, 2012, 379(9830): 1967-1974.
- [54] Subramanian T, Ahmad A, Mardare DM, et al. A six-year observational study of 31 children with early-onset scoliosis treated using magnetically controlled growing rods with a minimum follow-up of two years[J]. *Bone Joint J*, 2018,

- 100-B(9): 1187-1200.
- [55] McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, et al. The Shilla growth guidance technique for early-onset spinal deformities at 2-year follow-up: a preliminary report[J]. *J Pediatr Orthop*, 2014, 34(1): 1-7.
- [56] Morell SM, McCarthy RE. New developments in the treatment of early-onset spinal deformity: role of the Shilla growth guidance system[J]. *Med Devices (Auckl)*, 2016, 9: 241-246.
- [57] Luhmann SJ, McCarthy RE. A comparison of Shilla growth guidance system and growing rods in the treatment of spinal deformity in children less than 10 years of age[J]. *J Pediatr Orthop*, 2017, 37(8): e567-e574.
- [58] Cahill PJ, Marvil S, Cuddihy L, et al. Autofusion in the immature spine treated with growing rods[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(22): E1199-E1203.
- [59] Kocyigit IA, Olgun ZD, Demirkiran HG, et al. Graduation protocol after growing-rod treatment: removal of implants without new instrumentation is not a realistic approach[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(18): 1554-1564.
- [60] Jain A, Sponseller PD, Flynn JM, et al. Avoidance of "final" surgical fusion after growing-rod treatment for early-onset scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98(13): 1073-1078.
- [61] Shen TS, Schairer W, Widmann R. In patients with early-onset scoliosis, can growing rods be removed without further instrumentation? An evidenced-based review[J]. *HSS J*, 2019, 15(2): 201-204.
- [62] Miyanji F, Slobogean GP, Samdani AF, et al. Is larger scoliosis curve magnitude associated with increased perioperative health-care resource utilization?: a multicenter analysis of 325 adolescent idiopathic scoliosis curves[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2012, 94(9): 809-813.
- [63] Tsirikos AI, Chang WN, Shah SA, et al. Preserving ambulatory potential in pediatric patients with cerebral palsy who undergo spinal fusion using unit rod instrumentation[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(5): 480-483.
- [64] Gaine WJ, Lim J, Stephenson W, et al. Progression of scoliosis after spinal fusion in Duchenne's muscular dystrophy [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(4): 550-555.
- [65] Sengupta DK, Mehdian SH, McConnell JR, et al. Pelvic or lumbar fixation for the surgical management of scoliosis in duchenne muscular dystrophy[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(18): 2072-2079.
- [66] 李文涵, 王玉, 陈泉池, 等. 跳舞“下腰”致脊髓损伤后继发麻痹性脊柱侧凸的临床及影像学特征[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2024, 34(5): 490-496.
- [67] Mundis GM, Kabirian N, Akbarnia BA. Dual growing rods for the treatment of early-onset scoliosis[J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2013, 3(1): e6.
- [68] Allen BL Jr, Ferguson RL. The galveston technique for L rod instrumentation of the scoliotic spine[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1982, 7(3): 276-284.
- [69] Tsirikos AI, Lipton G, Chang WN, et al. Surgical correction of scoliosis in pediatric patients with cerebral palsy using the unit rod instrumentation[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(10): 1133-1140.
- [70] Schwend RM, Sluyters R, Najdzionek J. The pylon concept of pelvic anchorage for spinal instrumentation in the human cadaver[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(6): 542-547.
- [71] Tsuchiya K, Bridwell KH, Kuklo TR, et al. Minimum 5-year analysis of L5-S1 fusion using sacropelvic fixation (bi-lateral S1 and iliac screws) for spinal deformity[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(3): 303-308.
- [72] Sponseller P. The S2 portal to the ilium[J]. *Semin Spine Surg*, 2007, 2: 83-87.
- [73] 刘臻, 李劫, 赵志慧, 等. 重度神经肌源性脊柱侧凸伴骨盆倾斜三种内固定模式的比较研究[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(4): 193-203.
- [74] 陈溢, 秦晓东, 何中, 等. 后路微创矫形术治疗伴严重骨盆倾斜的儿童脊髓损伤后麻痹性脊柱侧凸[J]. 中华骨科杂志, 2025, 45(2): 67-76.

【收稿日期:2025-04-19】

【本文编辑:孙维】

公告与免责声明

本指南仅包括基于专家临床经验和临床研究成果的建议,不是制定医疗实践决定的唯一准则,不应被用作惩戒医师的法规依据。本指南大部分陈述和建议均严格依据循证医学证据进行构建,部分缺乏充分循证医学证据支撑的内容主要参考专家的意见。本指南不包含未表达或隐含的内容,同时也不保证适用于各种特殊目的。所涉及内容不承担医患双方及任何第三方依据本共识制定及履行过程中的任何决定所产生的任何损失的赔偿责任。本指南也不赋予医患双方依据本指南提供的医疗建议所引发的使用者与患者或使用者与任何其他人构成医患法律纠纷处理的法律地位。