

基于循证医学证据的脊髓损伤患者躯干控制障碍 康复评定和康复治疗专家共识*

王宁华¹ 顾新² 周谋望³ 谢欲晓⁴ 潘钰⁵ 黄真¹ 公维军⁶ 王启宁⁷ 王荣丽¹
李雪迎⁸ 刘若琳² 江山⁴ 刘小曼³ 甄巧霞⁶ 周志浩⁹ 施杰洪¹ 刘芷忻¹ 郭兴召⁷

摘要

躯干稳定性是脊髓损伤患者完成日常生活活动的前提和基础。躯干控制训练对脊髓损伤的治疗作用日益显著,为提高康复疗效提供了新思路。但国内尚缺乏脊髓损伤后躯干控制障碍的康复评定和康复治疗的统一规范和临床实践参考。本共识以循证医学证据为依据,经康复医学、生物力学与工程学及临床流行病学专家组反复讨论,对脊髓损伤患者的躯干控制障碍的康复评定和康复治疗做出了临床推荐,旨在为轮椅依赖的脊髓损伤患者提供一个全面规范的康复诊疗与智能化辅具决策相结合的干预方案。

关键词 脊髓损伤;躯干控制;康复评定;康复治疗;专家共识

中图分类号:R493 **文献标识码**:B **文章编号**:1001-1242(2024)-03-0305-07

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)是由各种原因导致椎管内神经结构(包括脊髓和神经根)及其功能的损害,出现损伤水平及以下脊髓功能(运动、感觉、反射等)障碍^[1],最终影响患者的身体、心理健康以及社会参与能力。据WHO统计,全球发病率约25—50万人/年,尤以16—30岁的青中年男性居多,给个人、家庭和社会均带来了巨大的负担^[2]。脊髓损伤患者常伴有感觉障碍、肌肉容积和力量的丧失、痉挛和运动模式异常等问题,严重影响其姿势控制和平衡^[3],无论在站立位还是坐位都会使基本日常生活活动变得困难^[4]。

躯干稳定性不足是颈、胸段脊髓损伤患者面临的重要问题,即使静态坐姿也有较高的不稳定性及跌倒风险,进而增加与跌倒有关的疼痛和骨折可能性,并给患者带来焦虑、恐惧等心理问题^[5]。脊髓损伤患者可能需要面临依赖轮椅的生活,躯干稳定性是其完成日常生活任务的基础和前提。为了预防并发症、促进神经恢复、最大限度发挥损伤后的功能,提高患者生活的独立性,以及促使他们重新融入社会,以躯干运动控制训练为主的康复策略已成为物理治疗师和作业治疗师治疗脊髓损伤患者必不可少的环节,大量研究也证明躯干控制训练对于脊髓损伤患者具有临床和生理意义上的益处,包括减轻颈部和背部疼痛^[6-7],缓解坐姿下的躯干压力^[8],矫正骨盆倾斜和胸腰椎后凸^[9-10],改善横膈膜功能和深呼吸

模式^[11]。躯干控制训练对脊髓损伤的治疗作用日益显著,为提高康复疗效提供了新思路。如何科学、规范地进行躯干控制障碍的评估和康复尤为重要。鉴于目前国内尚缺乏脊髓损伤后躯干控制障碍的统一规范的评定和康复共识,本共识邀请相关领域专家,依据当前国内外最新的研究进展及最佳的临床证据,主要针对颈胸段完全性脊髓损伤的轮椅依赖患者,对躯干控制障碍的评定和康复治疗做出了临床推荐,旨在为轮椅依赖的脊髓损伤患者提供一个全面规范的康复诊疗与智能化辅具决策相结合的干预方案,以提升康复疗效,最大程度发挥潜力,改善患者功能和预后。

1 颈胸段脊髓损伤躯干控制障碍概述

1.1 躯干控制的基本概念

躯干控制是指机体控制躯干在空间的位置以达到稳定性和方向性目的的能力,其中方向性是指保持躯干各节段间和身体与任务环境间适当关系的能力,稳定性是指控制身体中心与支撑面关系,将身体中心稳定在支撑面或处在稳定极限内,即身体不用改变支撑面就能保持稳定的极限。身体中心(center of mass, COM)是整个身体的中心点,通过寻找身体各节段COM的加权平均来决定。重心(center of gravity)则是身体中心的垂直投影。支撑面(base of support,

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.03.001

*基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFE0114700);中央高水平医院临床科研业务费资助(北京大学第一医院跨学科交叉临床研究专项)(2022CR48)

1 北京大学第一医院康复医学科,北京市,100034; 2 北京医院康复医学科; 3 北医三院康复医学科; 4 中日友好医院康复医学科; 5 清华长庚医院康复医学科; 6 首都医科大学附属北京康复医院; 7 北京大学工学院; 8 北京大学第一医院医学统计室; 9 北京大学人工智能研究院

第一作者简介:王宁华,女,博士,主任医师; 收稿日期:2023-02-22

BOS)是身体与支撑物表面接触的区域。压力中心(center of pressure, COP)是身体作用于支撑面的全部力量的分布中心。

1.2 脊髓损伤躯干控制障碍机制

脊柱的稳定性由三部分共同决定,脊柱及周围韧带等(被动控制系统)、肌肉肌腱(主动控制系统)和中枢神经控制单元(神经控制系统)^[12]。脊髓是中枢神经系统中控制躯干和四肢运动、感觉功能的重要结构,接收运动和感觉输入信息,处理大脑发出的运动计划信息,向躯干肌群输出运动信息从而调控姿势,脊髓损伤后削弱或阻断了感觉和运动神经元与脑部特异性皮质区域的联系,对躯干的运动和感觉控制受阻,导致躯干控制障碍。躯干控制下的坐位平衡系统主要由感觉整合、静态平衡、动态平衡和预期性平衡构成^[13],躯干控制异常,各个组分都可能会受到影响,从而影响了患者坐位平衡。姿势控制系统框架修订版确定了维持平衡的9个主要因素:①功能稳定极限,如支撑面积;②基本运动系统,如肌力;③静态稳定性,如在支撑面中的身体中心;④垂直性(如相对于重力、支撑面、视觉环境和内部参照确定身体部位的方向);⑤反应性姿势控制(如髻策略、踝策略和跨步策略);⑥预期姿势控制(如预测到干扰时下肢肌肉活动的调节);⑦动态稳定性(如在支撑面改变时保持身体平衡);⑧感觉整合(如个体输入的本体觉、视觉和前庭觉);⑨认知(如在执行活动时需将部分注意力分配在维持平衡上)^[14]。脊髓损伤后造成躯体感觉传入受损、躯干肌群的激活改变包括躯干肌的快速反应性收缩下降、躯干肌的激活及募集减少和躯干肌群的激活模式异常、肌力下降、启动延迟、痉挛以及相关核心肌群的不同协调功能障碍^[15],躯干控制系统异常,从而导致姿势控制和平衡异常。因此会导致在安静坐、立位下姿势摆动增加,转移重心时精确度降低,对外界干扰的反应延迟等^[16],最终导致患者的日常生活活动能力和社会参与受限。

1.3 躯干控制障碍对脊髓损伤患者功能的不良影响

从国际功能、残疾和健康分类(International Classification of Functional, Disability and Health, ICF)框架来分析躯干控制障碍对脊髓损伤患者功能的影响。在躯体结构和躯体功能层面,脊髓损伤患者由于躯干控制不良导致躯干姿势异常在长期坐位下和代偿下产生颈部和背部疼痛、压疮、骨盆倾斜和胸腰椎后凸等畸形改变,异常呼吸模式和横膈膜功能下降导致的呼吸功能下降,跌倒风险增加进一步导致骨折等损伤,此外还会产生焦虑、恐惧等心理情绪问题。从活动和社会参与层面的角度看,脊髓损伤患者募集躯干肌肉的能力较差(例如腹横肌)与无法进行日常生活活动(例如从椅子上站起来拾物)有相关性^[16],由于躯干肌肉力量和核心稳定性减弱导致日常生活活动能力下降。最终造成脊髓损伤患者的社会参与能力受限。

躯干控制能力对轮椅依赖的脊髓损伤患者尤其重要,60%—80%的患者需依赖轮椅完成日常生活活动^[17],60%截瘫患者将躯干稳定性和上肢功能作为改善生活质量的优先事项^[18]。躯干控制是完成复杂肢体活动的重要先决条件,对复杂ADL能力有预测价值。因此提倡早起介入脊髓损伤后躯干控制的康复评定和康复训练对于改善患者的躯干控制障碍,改善功能独立性和生活质量有关键作用。

2 躯干控制障碍的康复评定

康复评定是康复治疗的前提与基础,康复介入前应该对脊髓损伤患者的躯干控制障碍进行全面评估。主要包括临床功能评定和生物力学参数评定。

2.1 临床功能评定

采用临床功能测试和评定量表从静态、动态和反应性躯干功能活动下的稳定程度来评估脊髓损伤患者的躯干控制功能。国外常用的有躯干控制测试(Trunk Control Test, TCT)^[19],根据有无外力的干预将躯干控制分为静态控制和动态控制,TCT有助于快速评估并预测患者的运动恢复情况,且适用于所有脊髓损伤类型患者,不论其神经损伤水平和损伤程度,但与运动功能独立性量表的相关性低,TCT得分在13分以上表明患者具有充分的躯干控制能力。神经肌肉恢复量表(Neuromuscular Recovery Scale, NRS)^[20]对不完全性脊髓损伤患者的功能表现进行了量化分级,在不同难度的功能性任务中评估脊髓损伤患者的躯干控制能力,为康复进程中设置阶段性目标提供了有价值的参考依据。MINI-BEST(mini-Balance Evaluation Systems Test)^[21]和改良功能前伸试验(modified Functional Reach Test, mFRT)^[22]是临床实用性较高和较全面的评估脊髓损伤患者躯干控制功能的测试。国内常用Berg平衡量表和Tinetti^[23]量表评估患者的平衡功能来反映其躯干控制功能,与躯干活动相关的条目得分越高,表明躯干控制功能越好。

2.2 生物力学参数评定

2.2.1 压力中心(center of pressure):采用测力台测量坐姿和站姿下压力中心位移和稳定性极限可以反映不同程度的脊髓损伤患者的躯干控制障碍^[24]。在静态坐姿和站姿下压力中心位移越小,稳定性极限越大,表明患者的躯干控制功能越好。临床上,压力中心是坐位姿势控制评定的金标准。

2.2.2 表面肌电(surface electromyography, sEMG):表面肌电图是一种评估运动功能的非侵入性方法,已在临床上用于评估脊髓损伤患者的神经肌肉病理情况。表面肌电信号通过记录肌肉的电位来分析躯干肌肉的活动和检测相应模式下的肌肉激活情况^[25]。使用表面肌电评测不仅可以比较正常人与脊髓损伤患者、不同损伤程度的患者和执行不同难度等级任务的患者的躯干肌肉活动,而且还可以通过对比肌

肉活动水平来了解躯干肌肉的各种活动模式。因此,表面肌电是一个可以评定脊髓损伤患者躯干控制能力的客观指标。

2.2.3 力矩(forces/torques):采用测力计测量直接(如地面反作用力和力矩)和间接(如稳定力和失稳力)的力或力矩评估脊髓损伤患者在坐姿^[26-28],行走^[29-31]和转移过程中的平衡^[32],可以直接反映不同损伤水平的脊髓损伤患者的躯干控制能力。

2.2.4 运动捕捉躯干活动度(joint angle using motion capture):采用运动捕捉分析系统对脊髓损伤患者在静态、动态位姿下的运动进行三维方向捕捉,可进行躯干活动度分析,实时反映脊髓损伤患者在静态、动态位姿下的姿势控制,可以用来精确评定脊髓损伤患者躯干控制能力。

2.2.5 加速度(acceleration):采用加速度传感器采集脊髓损伤患者在功能性前伸或动态位姿下的躯干在三个运动轴上的加速度^[33],进一步进行运动分析,可以反映不同损伤节段的脊髓损伤患者的躯干控制障碍的严重程度,也可以区分出脊髓损伤躯干控制障碍者和非障碍者。

3 躯干控制障碍的康复治疗

3.1 运动疗法

3.1.1 核心肌群训练:核心肌群是指围绕脊柱、骨盆、腹部内脏器官的所有肌肉,包括腹横肌、腹内斜肌、多裂肌等,其协同收缩可以形成一条完整的动力链,对躯干的稳定起着重要的作用。核心肌群训练是在传统运动疗法基础上更加重视躯干、骨盆等部位核心肌群的力量及控制训练,使肌肉完成最佳做功、肌力在运动链上各个环节能有效传递及控制,提高机体四肢控制能力,维持躯干姿势稳定性。核心肌群训练包括采用仰卧起坐等方式训练腹部肌群,桥背支撑式训练锻炼背部肌群的肌力和稳定性,转移训练、坐位平衡训练、躯干前屈后伸等方式锻炼躯干侧腹肌,这些康复训练模式可增强躯干核心肌群的肌力、耐力以及抗阻能力^[34]。轮椅依赖的脊髓损伤患者可在稳定平面和不稳定的平面或支撑面进行核心肌群训练,维持平衡,增强对躯干控制练习。稳定平面下的练习便于学习易于控制强度较低,适合在康复初期使用。不稳定平面下的练习可借助瑞士球(Swiss ball)、平衡板、悬吊绳(sling exercise therapy, SET)、软垫等。

3.1.2 呼吸训练:呼吸肌由脊髓运动神经元支配,脊髓损伤后可引起患者呼吸功能障碍,一些呼吸肌同时也是躯干控制的关键肌群,如腹肌、肋间肌,躯干控制与呼吸肌力量明显相关,尤其是呼气肌力量^[35]。研究表明,呼吸训练不仅可以提高呼吸肌肌力、心肺适应力,还能增强躯干活动的稳定性和姿势的协调性^[36]。胸部抗阻训练和胸部扩张训练对卒中后患者呼吸功能和躯干控制能力改善均有效果^[37]。治疗师可以采用呼吸操的方式辅导患者进行深呼吸训练,将腹式呼吸、缩唇呼吸及肢体运动相结合。单纯腹式呼吸训练每日可

进行3次,每次5—20min,左右手分别放在腹部和胸部,感受起伏,闭唇,鼻吸气,用力挺腹。同时还应注重呼吸肌训练,通过抗阻呼吸来加强腹肌、膈肌的肌力,进一步增强躯干肌力,同时改善呼吸模式也有益于维持良好的躯干姿势。

3.1.3 运动学习与运动控制训练:运动再学习(motor re-learning)是基于脑的可塑性和神经功能重塑机制,综合应用运动科学、生物力学、神经生理学及行为学等科学分析患者存在的运动问题,以作业或功能为导向,有针对性、有步骤地设计难度适宜的训练任务,训练过程强调患者的主观参与,并通过反复强化,不断优化运动控制和技巧,以达到最大程度发掘潜力、恢复功能的目的。脊髓是中枢神经系统中控制躯干和四肢运动、感觉功能的重要结构,接收运动和感觉输入信息,处理大脑发出的运动计划信息,向躯干肌输出运动信息从而调控姿势,脊髓损伤后削弱或阻断了感觉和运动神经元与脑部特异性皮质区域的联系,对躯干的运动和感觉控制受阻,导致躯干控制障碍^[38]。针对脊髓损伤后的躯干控制障碍,基于脊髓的神经可塑性,应用运动学习与运动控制理论,遵循神经康复的应用原则包括主动训练、反复强化原则,任务特异性原则和目标导向性原则,丰富环境、难度递增原则,重视反馈原则,早期介入原则,有效制定康复方案,从而调节特异性的脑部运动皮质区域,激活或依赖脑部功能区域之间的神经网络,以促进神经功能重建,改善躯干控制障碍^[39]。运动学习和运动控制训练主要包括4个步骤,①分析运动的组成:用观察、对侧比较和分析的方法。②练习丧失的部分:做好宣教,让患者明确目的,给予动作指示,手法指导时结合语言和视觉反馈。③练习与再评定的多次重复。④以目标和任务为导向的平衡和转移训练:衔接ADL练习,创造学习的环境。重点是任务目标和难度的个性化选择和设计,从易到难,充分挖掘患者潜能,尽可能减少或延缓辅助具的应用。具体内容可包括:够物操作障碍训练、移动障碍训练、如厕障碍训练、轮椅操作训练、站立步行训练、上下楼梯训练(在有双侧扶手的阶梯上进行)等^[40]。

3.1.4 神经发育疗法:神经发育疗法遵循运动控制理论和神经可塑性来改善脊髓损伤患者的躯干控制功能障碍。本体感觉神经肌肉促进术(proprioception neuromuscular facilitation, PNF)利用通过言语、视觉、肌肉和关节本体感觉刺激(接触、挤压、牵引、强化、节律等)促进脊髓损伤躯干肌收缩,将头颈部模式、肩胛模式、骨盆模式与躯干模式的有效结合,达到最优化效果。Bobath技术通过建立正确身体姿势、分析多因素的肌肉无力状况、分析解决肌张力异常问题,与运动学习结合,运用关键点控制和躯干控制、反射性抑制脊髓损伤后的异常反射和姿势,促进正常姿势,综合改善脊髓损伤后躯干功能障碍。Rood技术是通过在皮肤上施加温和的机械刺激,保持正常的肌张力,并能诱发患者的躯干肌肉反

应。通过刺激本体感受器,募集和激活大量运动单元参与活动,通过躯干肌群协同作用发挥肌肉的最大潜能,增强躯干的运动性、稳定性和控制能力,促进神经肌肉功能的恢复,从而促进产生功能性运动,提高躯干肌力、肌群运动的稳定、协调和控制力。

3.1.5 智能化康复设备辅助训练。

3.1.5.1 康复外骨骼机器人:康复外骨骼机器人是脊髓损伤的新型治疗技术,可提供更精确的评估和更接近正常运动模式的功能锻炼,能完成需多名治疗师才能完成的训练任务^[41]。在有关机器人的研究中大多数使用上肢或下肢机器人对脊髓损伤患者进行肢体功能和步行训练,而尚缺乏对躯干运动控制康复机器人的研究。美国哥伦比亚大学和哈佛大学联合报道了TruST躯干训练系统(Trunk-Support-Trainer),可测量脊髓损伤患者的姿势稳定性极限和坐姿活动空间范围,并应用于康复训练,可以有效协助患者改善躯干控制功能^[42]。北京大学与北京大学第一医院合作研制具有自主知识产权的动态脊柱支撑机器人康复系统(RoboBD-sys)^[43]。该系统具有多种训练模式,可在位置控制模式下进行患者躯干的被动运动、主动力控模式下进行患者的抗阻训练或助力训练。该系统可进行患者躯干控制能力的评估,包括机器人可反馈坐位下的COP指标、躯干的位姿参数及多维力/力矩参数。可进一步根据机器人反馈数据,计算得到患者静态平衡、运动范围以及抗阻维持的参数指标,综合评估患者的躯干控制能力。尤其是针对重度躯干控制障碍无法完成坐位活动的患者,可以在提供脊柱支撑的前提下在定量评估患者的躯干控制能力,同时可以针对患者的评估结果,个性化的精准设计康复训练方案和目标,有助于提高临床康复疗效,进一步改善患者功能独立性。

3.1.5.2 虚拟现实技术训练:虚拟现实训练(virtual reality training)利用视觉反馈将脊髓损伤患者的前庭觉、本体觉和视觉信息混合在一起进行感觉整合,也可以作为感觉训练来改善患者的静态和动态姿势控制,从而增强患者的躯干控制和平衡能力,因为动静姿势控制依赖于有效的躯干控制和精细动作^[44]。从运动康复的角度来看,虚拟现实技术使用多感官反馈系统提供了个性化的高强度训练的可能性,患者可以想象自己在真实的物理空间中移动以改善对运动的控制和平衡^[45]。因此虚拟现实训练在改善脊髓损伤患者的躯干控制功能、减少疼痛、改善心理状态、增强协同生理反馈方面是一种有用的治疗工具。

3.1.5.3 机器视觉辅助训练:机器视觉是一门结合了光学、机电控制、图像处理、人工智能等技术的综合性学科,在康复领域应用时的基本技术构成一般包括图像采集部分、图像处理部分和外部控制部分。应用于康复领域的基本技术包括图像采集、图像处理、外部控制。利用机器视觉技术,设计适

用于脊髓损伤患者辅助类康复器具如智能轮椅、辅助起立装置、机器臂等。适用于脊髓损伤患者躯干控制障碍的智能轮椅,通过机器视觉技术可以进行轮椅车路径规划与避障,实现了轮椅对使用者的实时跟随与障碍躲避。利用机器视觉技术,可以识别不同身高和坐姿情况下对辅助起立运动的要求,辅助起立机器人按照预测的轨迹精准辅助患者完成起立动作。集成机器视觉技术通过摄像头实时采集的图像提取躯干轮廓,生成骨架系统后进行轨迹分析,判断躯干运动轨迹是否正确并进行实时调整与反馈^[46],进一步增强患者自主躯干控制能力。综合机器视觉、姿态估计、深度学习等技术,设计了不同康复训练场景下的在线康复动作识别系统,帮助患者实现居家康复锻炼。

3.2 物理因子治疗

3.2.1 经颅磁刺激:重复经颅磁刺激(repeated transcranial magnetic stimulation, rTMS)是一种广泛使用的非侵入性技术,它利用电磁场刺激大脑,产生的磁场以最小的衰减率穿透颅骨,并在皮质层产生电流。自主运动要实现稳定和平衡,需要皮质脊髓束的驱动同时伴随皮质下结构(前庭脊髓、网状脊髓)的活动,而脊髓损伤后这些通路通常都受到了损害。rTMS对与皮质和皮质下结构有功能联系区域的兴奋性有直接影响。应用高频rTMS($\geq 5\text{Hz}$)刺激躯干控制的运动区域,通常提高了皮质脊髓通路的兴奋性和减少皮质抑制^[47],实现稳定和平衡的躯干自主运动,从而改善躯干控制功能。

3.2.2 功能性电刺激:功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)通过激活瘫痪的躯干肌肉可以实现:纠正后凸坐姿、纠正脊柱侧弯、改善通气量和呼吸量、减小坐位压力、扩展双手工作空间、维持躯干的静态平衡、加强上肢抗阻能力、使患者从完全前屈的姿势恢复为直立坐姿、提高患者双手支配轮椅前进的效率、促进患者实现独立的床上翻身和床椅转移。此外,用表面电极或植入电极激活腰方肌可以增强躯干的内侧稳定性,有助于实现躯干的侧倾,而同时激活腰腹肌可以进一步增强躯干肌力使患者维持坐位平衡或实现躯干前倾^[48]。联合应用FES和运动治疗可以改善脊髓损伤患者的坐位躯干控制能力和稳定性^[49]。

3.2.3 生物反馈疗法:生物反馈疗法(biofeedback therapy)是一种促进运动学习和控制的有效康复疗法,恢复瘫痪的肌肉或增强肌肉功能^[50]。生物反馈疗法的原理是通过生物反馈仪把人体的某些不易察觉的生理信号如肌电、脑电等以视觉或听觉信号的形式反馈给人体^[51]。肌电生物反馈是一种常见的生物反馈方式,已广泛应用于脑卒中躯干控制障碍、脊髓损伤肌肉瘫痪^[52-53]和神经^[54]的康复治疗中,这提示肌电生物反馈疗法联合常规康复训练可以增强患者躯干肌的肌力,增强躯干控制能力。应用肌电生物反馈疗法时表面肌电

信号振幅的增加与神经通路的恢复有关,一方面基于脊髓损伤后中枢神经系统的可塑性机制,另一方面,可以通过康复训练增加感觉输入和信息反馈促进神经通路的修复,提高大脑皮层运动神经的兴奋性^[55],促进脊髓神经元突触重塑^[56]和神经功能恢复,从而改善脊髓损伤患者的躯干控制障碍。

3.3 传统中医治疗

传统中医主要采用针灸、电针、联合治疗等来改善脊髓损伤患者的运动功能障碍^[57]。针灸取穴选取背部足太阳膀胱经第一侧线经穴和胸腹部与之相对应的阿是穴,这些穴位位于躯干部的竖脊肌、背阔肌、腹内斜肌、腹外斜肌以及胸腹部其他肌群内,通过对这些穴位进行针刺手法刺激,发挥穴位的近治作用,提高躯干控制能力^[58]。针灸有平衡阴阳、调理脏腑之功效,这不仅兴奋脊髓损伤后受损的躯干肌,增加患者躯干的感觉传入,同时也提高了本体感觉。

3.4 其他疗法

3.4.1 贴布疗法:应用运动贴布疗法(Kinesiotaping)联合核心肌群训练可以改善SCI患者的平衡功能^[59]。运动贴布在皮肤上的机械效应可能会增加皮肤受体的输出,刺激高级中枢,从而增强运动觉和本体感觉,增强躯干控制和姿势控制。

3.4.2 支具:脊柱外固定支具可为脊髓损伤患者提供躯干支撑,保证躯干对线和应力始终通过脊柱的中线传导。常用的胸腰(骶)支具主要机制是通过控制胸腰椎的伸屈、旋转和侧屈运动,来相对减少屈伸等姿势所产生的对椎体压力的增大,提供支撑,减少压疮和脊柱侧弯的发生,增加躯干的稳定性。但同时长期佩戴这种支具也会进一步加重躯干肌群的废用性萎缩和无力,因此在临床中应根据患者的具体情况选择性恰当使用。

4 小结

躯干控制能力对于轮椅依赖的颈胸段脊髓损伤患者的功能起着非常重要的作用。本共识总结了目前临床上基于循证依据的脊髓损伤躯干控制障碍康复评定和康复治疗方

说明:本共识并非脊髓损伤的临床治疗标准,仅为学术性指导建议,不作为法律依据。在患者个体情况与实际临床条件等各种因素制约下,临床治疗方案依实际情况因人而异;随医学科技发展,本共识部分内容将进一步完善。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 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.
- [2] WHO. Spinal cord injury. [2018-06-02]. <https://www.who.int/publications/i/item/international-perspectives-on-spinal-cord-injury>.
- [3] Ilha J, Abou L, Romanini FC, et al. Postural control and the influence of the extent of thigh support on dynamic sitting balance among individuals with thoracic spinal cord injury[J]. *Clinical Biomechanics*, 2020, 73(3):108—114.
- [4] Liu Hongju, Li Jianjun, Du Liangjie, et al. Short-term effects of core stability training on the balance and ambulation function of individuals with chronic spinal cord injury: a pilot randomized controlled trial[J]. *Minerva Medica*, 2019, 110(3):216—223.
- [5] Khan A, Pujol C, Laylor M, et al. Falls after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis of incidence proportion and contributing factors[J]. *Spinal Cord*, 2019, 57(7):526—539.
- [6] Seelen HA, Potten YJ, Huson A, et al. Impaired balance control in paraplegic subjects[J]. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 1997, 7(2):149.
- [7] Caneiro JP, O'Sullivan P, Burnett A, et al. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity[J]. *Man Ther*, 2010, 15(1):54—60.
- [8] Minkel JL. Seating and mobility considerations for people with spinal cord injury[J]. *Physical Therapy*, 2000(7):701—709.
- [9] Kukke SN, Triolo RJ. The effects of trunk stimulation on bimanual seated workspace[J]. *IEEE Transactions on Neural Systems & Rehabilitation Engineering*, 2004, 12(2):177—185.
- [10] Wu GA, Lombardo L, Triolo RJ, et al. The effects of combined trunk and gluteal neuromuscular electrical stimulation on posture and tissue health in spinal cord injury[J]. *Pm R*, 2013, 5(8):688—696.
- [11] Sinderby C, Ingvarsson P, Sullivan L, et al. The role of the diaphragm in trunk extension in tetraplegia[J]. *Paraplegia*, 1992, 30(6):389—395.
- [12] Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, et al. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(1):118—126.
- [13] Abou L, Sung J, Sosnoff JJ, et al. Reliability and validity of the function in sitting test among non-ambulatory individuals with spinal cord injury[J]. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 2020, 43(6): 846—853.
- [14] Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, et al. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review[J]. *Arch Phys Med Reha-*

- bil, 2015,96(1):122—132.e29.
- [15] Granacher U, Lacroix A, Muehlbauer T, et al. Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults[J]. *Gerontology*,2013,59(2):105—113
- [16] Gauthier C, Gagnon D, Grangeon M, et al. Comparison of multidirectional seated postural stability between individuals with spinal cord injury and able-bodied individuals[J]. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2013, 45(1):47—54.
- [17] NSCICS. National spinal cord injury statistical center, facts and figures at a glance[M]. Birmingham: University of Alabama at Birmingham, 2016.
- [18] Anderson KD. Targeting recovery: Priorities of the spinal cord-injured population[J]. *J Neurotrauma*, 2004, 21 (10) : 1371—1383.
- [19] Quinzanos J, Villa AR, Flores AA, et al. Proposal and validation of a clinical trunk control test in individuals with spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2014, 52(6):449—454.
- [20] Behrman AL, Ardolino E, Vanhiel LR, et al. Assessment of functional improvement without compensation reduces variability of outcome measures after human spinal cord injury[J]. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2012, 93(9):1518—1529.
- [21] Franchignoni F, Godi M, Guglielmetti S, et al. Enhancing the usefulness of the Mini-BESTest for measuring dynamic balance: a Rasch validation study[J]. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2015, 51(4) : 429—437.
- [22] Lynch SM, Leahy P, Barker SP. Reliability of measurements obtained with a modified functional reach test in subjects with spinal cord injury[J]. *Physical Therapy*, 1998, 78 (2):128—133.
- [23] Lemay JF, Nadeau S. Standing balance assessment in ASIA D paraplegic and tetraplegic participants: concurrent validity of the Berg Balance Scale[J]. *Spinal Cord*, 2010, 48(3):245—250.
- [24] Milosevic M, Masani K, Kuipers MJ, et al. Trunk control impairment is responsible for postural instability during quiet sitting in individuals with cervical spinal cord injury [J]. *Clinical Biomechanics*, 2015, 30(5):507—512.
- [25] Nitzken M, Bajaj N, Aslan S, et al. Local wavelet-based filtering of electromyographic signals to eliminate the electrocardiographic-induced artifacts in patients with spinal cord injury[J]. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2013, 6(7B):1—13.
- [26] Altmann VC, Groen BE, Groenen KH, et al. Construct validity of the trunk impairment classification system in relation to objective measures of trunk impairment[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2016, 97 (3):437—444.
- [27] Triolo RJ, Bailey SN, Miller ME, et al. Effects of stimulating hip and trunk muscles on seated stability, posture, and reach after spinal cord injury[J]. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2013, 94(9):1766—1775.
- [28] Triolo RJ, Boggs L, Miller ME, et al. Implanted electrical stimulation of the trunk for seated postural stability and function after cervical spinal cord injury: a single case study[J]. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2009, 90(2):340—347.
- [29] Lemay JF, Duclos C, Nadeau S, et al. Postural and dynamic balance while walking in adults with incomplete spinal cord injury[J]. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 2014, 24(5):739—746.
- [30] Desrosiers E, Nadeau S, Duclos C. Balance during walking on an inclined instrumented pathway following incomplete spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2015, 53 (5) : 387—394.
- [31] Lemay JF, Duclos C, Nadeau S, et al. Postural control during gait initiation and termination of adults with incomplete spinal cord injury[J]. *Human Movement Science*, 2015, 41:20—31.
- [32] Gagnon D, Duclos C, Desjardins P, et al. Measuring dynamic stability requirements during sitting pivot transfers using stabilizing and destabilizing forces in individuals with complete motor paraplegia[J]. *Journal of Biomechanics*, 2012, 45(8):1554—1558.
- [33] Pérez-Sanpablo AI, Quinzaños-Fresnedo J, Romero-Ixtla M, et al. Validation of inertial measurement units for the assessment of trunk control in subjects with spinal cord injury[J]. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 2023,46(1) : 154—163.
- [34] Van Crielinge T, Saeys W, Vereeck L, et al. Are unstable support surfaces superior to stable support surfaces during trunk rehabilitation after stroke? A systematic review [J]. *Disability and Rehabilitation*,2018,40(17):1981—1988.
- [35] Jandt SR, Caballero RM, Junior LA, et al. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study[J]. *Phys Res Int*, 2011,16(4):218—224.
- [36] Dong KL, Se HK. The effect of respiratory exercise on trunk control, pulmonary function, and trunk muscle activity in chronic stroke patients [J]. *J Phys Ther Sci*,2018,30: 700—703.
- [37] Song GB, Park EC. Effects of chest resistance exercise and chest expansion exercise on stroke patients' respiratory

- function and trunk control ability [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015,27(6):1655—1658.
- [38] Walker JR, Detloff MR. Plasticity in cervical motor circuits following spinal cord injury and rehabilitation[J]. *Biology*, 2021,10(10):976.
- [39] 王荣丽,王宁华.运动再学习理论体系在神经康复领域的应用原则[J].*华西医学*,2020,35(5):519—526.
- [40] 赵海容.运动再学习疗法在不完全性下颈段脊髓损伤患者BADL 康复中的应用[J].*中国药物与临床*,2016,16(11):1699—1701.
- [41] 孟予斐,张军卫,洪毅.外骨骼机器人在脊髓损伤后康复训练中的应用研究[J].*中华骨与关节外科杂志*,2021,14(10):878—882+889.
- [42] Santamaria V, Luna T, Khan M, et al. The robotic Trunk-Support-Trainer (TruST) to measure and increase postural workspace during sitting in people with spinal cord injury [J]. *Spinal Cord Series and Cases*, 2020, 6(1):1.
- [43] Guo X, Zhou Z, Gao Y, et al. Serial-parallel mechanism and controller design of a robotic brace for dynamic trunk support[J]. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 2022,27(6): 4518—4529.
- [44] Chan C, Ngai E, Leung P, et al. Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among Chinese older adults with chronic schizophrenia: a pilot study[J]. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 2010, 25(6): 643—649.
- [45] Leemhuis E, Esposito RM, Gennaro LD, et al. Go Virtual to get real: virtual reality as a resource for spinal cord treatment[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021,18(4):1819.
- [46] Likitlersuang J, Sumitro ER, Cao T, et al. Egocentric video: a new tool for capturing hand use of individuals with spinal cord injury at home[J]. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 2019,16(1):83.
- [47] Peter E. Induction of central nervous system plasticity by repetitive transcranial magnetic stimulation to promote sensorimotor recovery in incomplete spinal cord injury[J]. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2014, 8:42.
- [48] Ho CH, Triolo RJ, Elias AL, et al. Functional Electrical Stimulation and Spinal Cord Injury[J]. *Physical Medicine & Rehabilitation Clinics of North America*, 2014, 25(3): 631—654.
- [49] Bergmann M, Zahharova A, Reinvee M, et al. The effect of functional electrical stimulation and therapeutic exercises on trunk muscle tone and dynamic sitting balance in persons with chronic spinal cord injury: a crossover trial[J]. *Medicina*, 2019, 55(10):619.
- [50] Suzuki R, Muraoka Y, Okazaki S. Development of a low-cost EMG biofeedback device kit as an educational tool for physical therapy students[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2017, 29(9):1522—1526.
- [51] Baumuller E, Winkelmann A, Irnich D, et al. Electromyogram biofeedback in patients with fibromyalgia: a randomized controlled trial[J]. *Complementary Medicine Research*, 2017,24(1):33—39.
- [52] Holtermann A, Mork P, Andersen L, et al. The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle[J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2009,20(2): 359—365.
- [53] Guo Y, Gao F, Li J, et al. Effect of electromyographic biofeedback training on motor function of quadriceps femoris in patients with incomplete spinal cord injury: A randomized controlled trial[J]. *NeuroRehabilitation*, 2021, 48(3):345—351.
- [54] Jensen MP, Barber J, Romano JM, et al. Effects of self-hypnosis training and EMG biofeedback relaxation training on chronic pain in persons with spinal-cord injury[J]. *The International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 2009,57(3):239—268.
- [55] Nardone R, Hller Y, Brigo F, et al. Fatigue-induced motor cortex excitability changes in subjects with spinal cord injury[J]. *Brain Research Bulletin*, 2013,99(5):9—12.
- [56] Armada-da-Silva PAS, Pereira C, Amado S, et al. Role of physical exercise for improving posttraumatic nerve regeneration[J]. *International Review of Neurobiology*, 2013, 109:125—149.
- [57] 吕威,李志刚,姚海江,等.针灸治疗脊髓损伤的临床研究进展[J].*中国康复理论与实践*,2015,21(12):1411—1414
- [58] 郭家松,曾园山.督脉电针治疗大鼠全横断性脊髓损伤的实验研究[J].*中国针灸*,2003,23(6):351.
- [59] Tamburella F, Scivoletto G, Molinari M. Somatosensory inputs by application of KinesioTaping: effects on spasticity, balance, and gait in chronic spinal cord injury[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, 8:367.