

## 前庭康复在儿童神经康复中的研究进展

肖莹莹 邹文晨 王曼 张园园 张立新

中国医科大学附属盛京医院康复中心, 沈阳 110134

通信作者: 张立新, Email: zhanglx@sj-hospital.org

**【摘要】** 前庭康复作为一种个体化、非药物治疗的康复方法, 可用于改善患者眩晕、头晕、前庭视觉症状、平衡及姿势控制能力, 在成人神经康复中应用广泛。本文探讨前庭康复在儿童神经康复中的作用机制及应用, 以为临床实践和研究提供参考。

**【关键词】** 前庭康复; 儿童; 神经康复

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.07.018

脑瘫、脑外伤、孤独症谱系障碍等儿童常伴有运动、感觉和认知功能障碍, 目前主要采用儿童神经康复等方法改善症状, 其疗效已被大量研究证实, 但也有部分患儿的干预效果有限, 会遗留有不同程度的姿势控制障碍、平衡协调能力障碍、感觉统合能力障碍等<sup>[1-2]</sup>。研究显示, 这类儿童的脑部损伤及伴随的运动功能障碍, 会影响中枢前庭系统及周围前庭器官的发育, 进一步导致残疾<sup>[3-5]</sup>。一项回顾性研究显示, 48.4% 的粗大运动功能分级 I ~ II 级的 7 ~ 12 岁痉挛型脑瘫患儿, 会出现前庭囊性功能障碍, 脑外伤 21 d 内半规管功能障碍的患病率在 14.1% ~ 81.0%<sup>[6]</sup>。因此早期开展儿童前庭康复, 可能对相关诊断及治疗效果更有助益<sup>[7]</sup>。

前庭康复通过渐进性刺激前庭系统, 从而增强前庭代偿功能<sup>[8]</sup>。越来越多的证据表明, 前庭康复能够显著改善前庭障碍患者的前庭动眼反射能力、姿势控制能力、平衡功能等<sup>[9]</sup>。但目前国内此方面的研究主要聚焦于成年人, 在儿童中的应用研究并不多。本文就前庭康复在儿童神经康复中的应用及研究进展进行简要综述, 以为前庭康复的临床实践提供参考。

### 前庭康复的作用机制

前庭康复在儿童神经康复中的作用与中枢神经系统的可塑性有关, 其目的在于替代和补偿失去的前庭功能<sup>[10]</sup>, 作用机制包括前庭适应、前庭习服和前庭替代, 不同性质、部位功能障碍的前庭康复作用机制也有所不同<sup>[11-12]</sup>。

#### 一、前庭适应

前庭适应是通过头部或者眼球转动, 使中枢神经系统对头部运动的变化产生适应, 在习惯化过程中, 从感觉感受器传递到运动神经元的兴奋性突触后电位振幅逐渐减小, 突触连接数量逐渐减少, 从而导致长期的结构变化, 有助于减少头晕等前庭障碍症状; 此外在适应训练中要注视视觉目标, 这种视觉图像在视网膜上的滑动, 可以反复刺激前庭神经系统, 增强前庭动眼反射增益, 提高头部运动时的视敏度, 促进动态视觉和前庭输入的整合, 从而提高凝视稳定性和平衡能力<sup>[13]</sup>。

#### 二、前庭习服

前庭习服是指通过反复暴露于能引起前庭失衡的诱发因素, 来提高前庭反应阈, 其具体的产生机制及形成的神经通路尚不十分清楚, 可能与前庭中枢系统的重塑有关, 主要目标是

减少眩晕和头晕症状, 实际操作时要根据导致患者特定症状的特定运动或情况来选择习服练习的种类<sup>[14]</sup>。

#### 三、前庭替代

前庭替代是指利用其它感觉刺激 (如视觉或本体觉输入) 来替代缺失或降低的前庭功能, 从而增强姿势控制能力、减少跌倒, 前庭替代是单侧和双侧前庭功能完全丧失时康复训练的主要机制<sup>[15]</sup>。

### 前庭功能障碍表现及评估

儿童前庭功能障碍主要表现为眩晕、头晕、前庭视觉症状和姿势平衡障碍, 当发现患儿有上述症状时, 需要对其前庭功能进行评估<sup>[16]</sup>。前庭功能的直接评估主要在耳科中应用, 包括视频头脉冲试验、颈肌前庭诱发肌源性电位、眼肌前庭诱发肌源性电位、转椅试验、双温试验等, 这些需要专科医生根据儿童的年龄及配合程度进行选择, 对于 0 ~ 2 岁儿童可使用远程视频检测系统进行视频头脉冲试验、转移试验、颈肌前庭诱发肌源性电位检查; 3 ~ 7 岁儿童可进行颈肌前庭诱发肌源性电位、眼肌前庭诱发肌源性电位、传统视频头脉冲试验检查; 对于年龄 > 8 岁的儿童, 基本可以完成以上所有的前庭功能检查<sup>[17-18]</sup>。在儿童康复科中, 前庭功能障碍常常通过运动和平衡表现来体现, 如姿势倾斜、摇晃、平衡障碍、进行性运动发育延迟、比同龄人更晚获得步行能力等, 出现这些症状时, 需要评估儿童相应年龄的平衡能力、姿势控制能力和运动发育水平, 可以使用单腿站立试验、串联站立实验、粗大运动功能评定量表、Peabody 发育运动量表平衡检查亚类、改良的感觉统合平衡临床试验等进行测试, 间接反映儿童的前庭功能<sup>[18-19]</sup>。临床上应加强儿童康复科与耳科在前庭评估方面的合作, 采用直接评估和间接评估相结合的方法综合评定儿童的前庭功能。

### 前庭康复在儿童神经康复中的应用

#### 一、前庭康复对运动功能的影响

前庭康复能有效调节肌肉张力, 提高人体对空间位置及变化的感知力, 从而促进儿童肢体运动功能、平衡协调能力的发展。Tramontano 等<sup>[20]</sup>对 14 例 3 ~ 11 岁痉挛型脑瘫患儿进行神经发育疗法与前庭康复相结合的训练, 10 周后采用粗大运动功能评定量表-88、目标实现量表和三轴加速度计评估姿势稳定性, 结果显

示增加凝视稳定性训练、平衡及步态训练、躯体感觉统合训练等前庭康复后,能有效改善脑瘫患儿的粗大运动功能,其头部在水平面上的稳定性也有所增强。Rassafiani 等<sup>[21]</sup>对 24 例 7~12 岁痉挛型脑瘫患儿进行主动前庭干预与作业治疗相结合的训练,让患儿自由使用平台秋千、倾斜板、蹦床等设备进行主动前庭训练,每周进行 3 次,6 周后评估发现患儿的儿科平衡量表评分显著增加,说明主动前庭干预结合作业治疗可以改善脑瘫患儿的平衡功能,其机制可能与前庭系统重组和精确刺激有关。

Hosseini 等<sup>[22]</sup>对 20 例 3~10 岁脑瘫患儿进行前后、侧向、升降运动、旋转等多方向的前庭康复训练,每周 2 次,共 12 次,对测力板数据进行分析后,结果显示接受前庭康复的脑瘫患儿能够更快地改变和控制重心的移动,提示前庭康复可有效改善脑瘫患儿的平衡功能,建议治疗师在对脑瘫患儿进行平衡功能训练时加入前庭康复训练,以改善训练效果。吕楠等<sup>[23]</sup>对运动发育迟缓患儿开展前庭康复训练,具体方案是在常规康复训练的基础上增加 10 min 的旋转及悬吊秋千,每周 6 d,共 20 d,结果显示 Peabody 粗大运动、精细运动评分及 Gesell 发育量表单项发育商评分均显著提高。

### 二、前庭康复对视觉功能及眩晕的影响

人体姿势控制和保持平衡需要前庭系统、视觉系统和本体感觉系统共同作用,当前庭功能出现障碍时,视觉系统权重加大,视觉依赖增加,可能会出现限制头动来代替一部分丧失的前庭功能(如前庭动眼反射)、头部及躯体运动时闭眼或眨眼,会影响运动的灵活性和稳定性<sup>[24-25]</sup>。此外,脑损伤可能造成脑微结构的损伤、内耳损伤及视觉系统损伤,导致头晕、眩晕、凝视不稳等前庭障碍相关症状,因此需要早期进行前庭康复来减少眩晕和视觉症状,纠正过度依赖视觉和躯体感觉输入等情况<sup>[26-27]</sup>。

Storey 等<sup>[28]</sup>纳入了 109 例平均年龄 11.8 岁的轻度脑损伤后持续头晕和平衡障碍的儿童,经过至少 2 次眼球追视、平衡训练等主动前庭康复训练后,患儿的视觉前庭症状有所改善。Kontos 等<sup>[29]</sup>对 55 例 12~18 岁早期轻度脑损伤后儿童进行 4 周的个体化前庭训练及家庭训练,结果发现前庭运动症状显著改善,尤其是前庭动眼反射。Alsalaheen 等<sup>[30]</sup>对 77 例轻度脑损伤后的青少年进行每周 1 h 的个体化前庭康复干预,包括针对凝视稳定性、姿势稳定性、眼球运动控制、习惯化的训练,以及有氧活动等,结果发现经过前庭康复治疗,前庭眼球运动能力改善,说明前庭康复能有效改善青少年的前庭视觉症状。Sorek 等<sup>[31]</sup>的一项前瞻性研究评估了 27 例中重度脑损伤后亚急性期儿童的前庭动眼功能、动态视觉注意力及平衡功能,并进行了前庭/动眼运动干预治疗,结果发现评估参数得到了一致性改善,提示对中重度脑损伤后亚急性期儿童进行前庭/动眼神经康复治疗是可行的。

### 三、前庭康复对认知语言能力的影

研究显示,前庭系统与脊髓、小脑、网状系统、边缘系统、大脑皮质和触觉、本体觉、视觉等都有密切联系<sup>[32]</sup>。前庭系统可将多感觉皮质区域的信息传导至大脑后进行整合,参与调节多种感觉及认知过程,如多感觉统合、空间注意、空间导航等,因此前庭功能在儿童的语言、认知、交流、行为及学习等功能的发育中起着重要的作用<sup>[33-34]</sup>。

Katz-Nave 等<sup>[35]</sup>研究报道,对 36 例 6~13 岁有轻度语言障碍的孤独症谱系障碍儿童,进行 10 次蹦床跳跃、坐位及卧位下

前庭板上旋转等前庭康复训练后,患儿的技能学习能力显著增强,其机制可能与前庭康复激活了额叶,唤醒了大脑皮质,从而调节注意力和执行功能有关。张朝石等<sup>[36]</sup>纳入了 700 例 2~9 岁分别有眼球控制障碍、姿势控制障碍、平衡功能障碍、认知功能障碍的儿童,对其进行 3 周不同体位下的前庭康复训练,结果显示患儿的认知功能、行为能力及生活质量均明显提高,提示在临床上可以使用前庭康复对儿童进行训练,有助于提高康复效果。殷文哈等<sup>[37]</sup>研究报道,对 60 例前庭重度失调的孤独症谱系障碍儿童进行 12 周坐位、左侧卧位、右侧卧位下的前庭康复训练后,儿童的交往能力、躯体运动能力、语言能力、生活自理能力均较治疗前明显改善。罗丹<sup>[38]</sup>对 50 例脑瘫患儿进行荡秋千、前庭旋转训练,8 周后患儿的构音异常得到明显纠正,构音器官运动显著改善,语言功能训练取得了一定的疗效。

### 局限性及展望

越来越多的证据表明,前庭康复对儿童运动功能、视觉功能等有显著影响,但目前的研究报道不多。前庭康复在儿童神经康复中应用的主要问题有:①目前适用于儿童前庭功能的专业性检查较少,大多是从儿童的运动表现来推测可能存在的前庭功能障碍;②目前前庭康复的训练方式、训练时间及频率等参数未统一,需制订治疗规范,而非依赖治疗师的主观经验判断;③目前儿童前庭康复相关的研究多限于脑瘫、脑外伤、孤独症谱系障碍等,未来的研究应扩大范围,进一步判断前庭康复是否适用于多种类型的神经功能障碍,并确定最佳介入时间。此外,还可以验证常规前庭筛查对于需神经康复儿童的可行性,提供必要的前庭康复干预措施,并与传统治疗方法相结合,共同促进儿童整体功能的恢复,最终回归家庭及社会。

### 参 考 文 献

- [1] 中国康复医学会儿童康复专业委员会,中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会,中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会,等.中国脑性瘫痪康复指南(2022)第四章:康复治疗(上)[J].中华实用儿科临床杂志,2022,37(16):1201-1229. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20220711-00850.
- [2] 杨华,王晓君,徐伟,等. ICF-CY 架构下的儿童脑外伤康复评估及预后相关因素分析[J].中国妇幼保健,2022,37(24):4603-4607. DOI:10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2022.24.014.
- [3] Almutairi A, Cochrane G, Christy JB. Vestibular and oculomotor function in children with CP: descriptive study[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2019, 119: 15-21. DOI: 10.1016/j.ijporl.2018.12.038.
- [4] Akbarfahimi N, Hosseini SA, Rassafiani M, et al. Assessment of the saccular function in children with spastic cerebral palsy[J]. Neurophysiology, 2016, 48(2): 141-149. DOI: 10.1007/s11062-016-9580-z.
- [5] Van Hecke R, Danneels M, Dhooze I, et al. Vestibular function in children with neurodevelopmental disorders: a systematic review[J]. J Autism Dev Disord, 2019, 49(8): 3328-3350. DOI: 10.1007/s10803-019-04059-0.
- [6] Ghai S, Hakim M, Dannenbaum E, et al. Prevalence of vestibular dysfunction in children with neurological disabilities: a systematic review[J]. Front Neurol, 2019, 10: 1294. DOI: 10.3389/fneur.2019.01294.
- [7] Topley D, McConnell K, Kerr C. A systematic review of vestibular stimulation in cerebral palsy[J]. Disabil Rehabil, 2021, 43(23):

- 3291-3297. DOI: 10.1080/09638288.2020.1742802.
- [8] 付蓉, 闫晓卿, 陈泽雯, 等. 个体化前庭康复训练在中枢前庭疾病中的临床实践[J]. 上海医药, 2023, 44(3): 37-39. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1533.2023.03.011.
- [9] Meldrum D, Burrows L, Cakr O, et al. Vestibular rehabilitation in Europe: a survey of clinical and research practice[J]. J Neurol, 2020, 267(1): 24-35. DOI: 10.1007/s00415-020-10228-4.
- [10] Rine RM. Vestibular rehabilitation for children[J]. Semin Hear, 2018, 39(3): 334-344. DOI: 10.1055/s-0038-1666822.
- [11] Vugt VA, Wouden JC, Essery R, et al. Internet based vestibular rehabilitation with and without physiotherapy support for adults aged 50 and older with a chronic vestibular syndrome in general practice: three armed randomised controlled trial[J]. BMJ, 2019, 367: l5922. DOI: 10.1136/bmj.l5922.
- [12] Dunlap PM, Holmberg JM, Whitney SL. Vestibular rehabilitation: advances in peripheral and central vestibular disorders[J]. Curr Opin Neurol, 2019, 32(1): 137-144. DOI: 10.1097/wco.0000000000000632.
- [13] Appiah-Kubi KO, Wright WG. Vestibular training promotes adaptation of multisensory integration in postural control[J]. Gait Posture, 2019, 73: 215-220. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.07.197.
- [14] Whitney SL, Alghwiri AA, Alghadir A. An overview of vestibular rehabilitation[J]. Handb Clin Neurol, 2016, 137: 187-205. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00013-3.
- [15] Polat S, Uneri A. Vestibular substitution: comparative study[J]. J Laryngol Otol, 2010, 124(8): 852-858. DOI: 10.1017/s0022215110000873.
- [16] Cushing SL, Papsin BC. Special considerations for the pediatric patient[J]. Adv Otorhinolaryngol, 2019, 82: 134-142. DOI: 10.1159/000490282.
- [17] 张道宫, 樊兆民. 前庭功能检查在眩晕症诊断中的意义及临床应用[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015, 29(1): 5-8. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2015.01.002.
- [18] Janky KL, Rodriguez AI. Quantitative vestibular function testing in the pediatric population[J]. Semin Hear, 2018, 39(3): 257-274. DOI: 10.1055/s-0038-1666817.
- [19] Fay D, Wilkinson T, Anderson AD, et al. Effects of modified instructions on Peabody developmental motor scales, second edition, gross motor scores in children with typical development[J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2019, 39(4): 433-445. DOI: 10.1080/01942638.2018.1534921.
- [20] Tramontano M, Medici A, Iosa M, et al. The effect of vestibular stimulation on motor functions of children with cerebral palsy[J]. Motor Control, 2017, 21(3): 299-311. DOI: 10.1123/mc.2015-0089.
- [21] Rassafiani M, Akbarfahimi N, Hosseini SA, et al. The effect of the combination of active vestibular interventions and occupational therapy on balance in children with bilateral spastic cerebral palsy: a pilot randomized controlled trial[J]. Iran J Child Neurol, 2020, 14(4): 29-42.
- [22] Hosseini SA, Ghoochani BZ, Talebian S, et al. Investigating the effects of vestibular stimulation on balance performance in children with cerebral palsy: a randomized clinical trial study[J]. J Rehabil Sci Res, 2015, 2(2): 41-46. DOI: 10.30476/JRSR.2015.41073.
- [23] 吕楠, 万凯, 李靖婕, 等. 前庭训练结合运动学分析法对运动发育迟缓患儿康复疗效影响的临床研究[J]. 中国中西医结合儿科学, 2021, 13(5): 395-398. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3865.2021.05.007.
- [24] 邹曙光, 彭安全, 杨涛, 等. 视觉依赖在前庭疾病中的研究进展[J]. 中华耳科学杂志, 2022, 20(40): 679-683. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2922.2022.04.027.
- [25] Tekgün E, Erdeniz B. Influence of vestibular signals on bodily self-consciousness; different sensory weighting strategies based on visual dependency[J]. Conscious Cogn, 2021, 91: 103108. DOI: 10.1016/j.concog.2021.103108.
- [26] Lindsey HM, Wilde EA, Caeyenberghs K, et al. Longitudinal neuroimaging in pediatric traumatic brain injury: current state and consideration of factors that influence recovery[J]. Front Neurol, 2019, 10: 1296. DOI: 10.3389/fneur.2019.01296.
- [27] Appiah-Kubi KO, Wright WG. Vestibular training promotes adaptation of multisensory integration in postural control[J]. Gait Posture, 2019, 73: 215-220. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.07.197.
- [28] Storey E, Wiebe DJ, D'Alonzo BA, et al. Vestibular rehabilitation is associated with visuovestibular improvement in pediatric concussion[J]. J Neurol Phys Ther, 2018, 42(3): 134-141. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000228.
- [29] Kontos AP, Eagle SR, Mucha A, et al. A randomized controlled trial of precision vestibular rehabilitation in adolescents following concussion: preliminary findings[J]. J Pediatr, 2021, 239: 193-199. DOI: 10.1016/j.jpeds.2021.08.032.
- [30] Alsalaheen B, Carender W, Grzesiak M, et al. Changes in vestibular/ocular-motor screen scores in adolescents treated with vestibular therapy after concussion[J]. Pediatr Phys Ther, 2020, 32(4): 331-337. DOI: 10.1097/PEP.0000000000000729.
- [31] Sorek G, Katz-Leurer M, Gagnon I, et al. The development and the inter-rater agreement of a treatment protocol for vestibular/oculomotor rehabilitation in children and adolescents post-moderate-severe TBI[J]. Brain Inj, 2021, 35(12-13): 1542-1551. DOI: 10.1080/02699052.2021.1972454.
- [32] 连惠娟. 重复经颅磁刺激联合语言认知训练在语言发育迟缓儿童康复中的应用[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(1): 86-88. DOI: 10.11655/zgywylc.2021.01.039.
- [33] Whitlock JR. Posterior parietal cortex[J]. Curr Biol, 2017, 27(14): 691-695. DOI: 10.1016/j.cub.2017.06.007. DOI: 10.3389/fnins.2021.791824.
- [34] 马艳丽, 陈付华, 张从红, 等. 前庭功能康复训练在前庭功能减退治疗中的应用效果观察[J]. 山东医药, 2022, 62(17): 59-62. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.17.013.
- [35] Katz-Nave G, Adini Y, Hetzroni OE, et al. Sequence learning in minimally verbal children with ASD and the beneficial effect of vestibular stimulation[J]. Autism Res, 2020, 13(2): 320-337. DOI: 10.1002/aur.2237.
- [36] 张朝石, 刘冬芝, 吕楠, 等. 前庭激活技术在儿童康复中的应用[J]. 航空航天医学杂志, 2023, 34(3): 314-317. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1434.2023.03.021.
- [37] 殷文晗, 尚清, 吕楠. 前庭激活训练治疗重度前庭失凋孤独症谱系障碍患儿的临床效果[J]. 河南医学研究, 2022, 31(7): 1170-1174. DOI: 10.3969/j.issn.1004-437X.2022.07.005.
- [38] 罗丹. 50例脑瘫患儿前庭功能训练的康复护理[J]. 中华护理杂志, 2010, 45(4): 365-366. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2010.04.031.

(修回日期: 2023-04-24)

(本文编辑: 凌琛)