

- neurophysiological correlates after navigated low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the contralesional motor cortex in stroke[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2016, 34(4): 677-689. DOI: 10.3233/RNN-140460.
- [29] 贾杰. 创新与循证并进, 中枢与外周交融——ISPRM 2016 上肢及手功能康复研究专题报道[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38(7): 550-554. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.07.019.
- [30] Sakai K, Yasufuku Y, Kamo T, et al. Repetitive peripheral magnetic stimulation for patients after stroke[J]. *Stroke*, 2020, 51(6): e105-e106. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.029373.
- [31] Beaulieu L, Schneider C. Repetitive magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: a literature review on parameters of application and afferents recruitment[J]. *Neurophysiol Clin*, 2019, 45(3): 223-237. DOI: 10.1016/j.neucli.2015.08.002.
- [32] Beaulieu LD, Masse-Alarie H, Brouwer B, et al. Noninvasive neurostimulation in chronic stroke: a double-blind randomized sham-controlled testing of clinical and corticomotor effects[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2015, 22(1): 8-17. DOI: 10.1179/1074935714Z.00000000032
- [33] Krewer C, Hartl S, Muller F, et al. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on upper-limb spasticity and impairment in patients with spastic hemiparesis: a randomized, double-blind, sham-controlled study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(6): 1039-1047. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.02.003.
- [34] Jiang YF, Zhang D, Zhang J, et al. A randomized controlled trial of repetitive peripheral magnetic stimulation applied in early subacute stroke: effects on severe upper-limb impairment[J]. *Clin Rehabil*, 2022, 36(5): 693-702. DOI: 10.1177/02692155211072189.
- [35] Wassermann EM. Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, June 5-7, 1996[J]. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1998, 108(1): 1-16. DOI: 10.1016/s0168-5597(97)00096-8.
- (修回日期: 2023-07-02)
(本文编辑: 汪 玲)

· 临床研究 ·

基于姿势解密技术的手法治疗对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响

赵萍 王琛涵 王玉阳 刘瑶瑶 李林 柏广涛 王强

青岛大学附属医院康复医学科, 青岛 266035

通信作者: 王强, Email: wangqiang1964@qdu.edu.cn

【摘要】 目的 观察基于姿势解密技术的手法治疗对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 40 例脑卒中偏瘫患者分为观察组及对照组, 每组 20 例。2 组患者均给予常规康复干预, 观察组患者在此基础上辅以基于姿势解密技术的手法治疗。于治疗前、治疗 3 周后对 2 组患者进行疗效评定, 通过测量患侧肩胛骨内上角到胸 2 棘突的垂直距离评估患者肩高度, 通过测量患侧骨盆倾斜角度评估患者骨盆位置变化情况, 采用 Fugl-Meyer 运动功能量表下肢部分 (FMA-LE) 评估患者下肢运动功能, 采用“起立-行走”计时测试 (TUGT) 评估患者步行能力, 应用步态分析系统评测患者步长 (患侧) 及步频变化情况。**结果** 治疗后 2 组患者患侧肩高度、下肢 FMA 评分、骨盆倾斜角度、TUGT 及患侧步长、步频均较治疗前明显改善 ($P < 0.05$), 并且观察组患侧肩高度 [(2.85 ± 2.71) mm]、下肢 FMA 评分 [(27.05 ± 3.01) 分]、骨盆倾斜角度 [$(13.35 \pm 3.09)^\circ$]、TUGT [(15.55 ± 4.40) s] 及患侧步长 [(48.75 ± 7.66) cm/步] 亦显著优于对照组患者。**结论** 在常规康复干预基础上辅以姿势解密技术手法治疗, 能进一步改善脑卒中偏瘫患者的步行功能。

【关键词】 姿势解密技术; 脑卒中; 偏瘫; 步行功能

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.007

随着社会逐渐步入老龄化, 脑卒中患者数量呈持续增长态势^[1], 在脑卒中幸存者中, 约 75% 的患者伴有不同程度的后遗症^[2], 其中尽快恢复步行功能是脑卒中患者最迫切的康复目标之一^[3]。脑卒中后偏瘫患者由于中枢神经系统受损, 出现肌力下降、肌张力异常、运动反应迟缓等, 常导致异常步行模式。目前临床针对脑卒中偏瘫患者的康复训练多侧重于躯干及肢体功能的恢复, 缺乏对患者整体姿势的评估及干预。

姿势解密技术是以患者中立位姿势为切入点, 在整体姿势评估基础上对相应关节进行有针对性的治疗, 包括矫正关节异常对线 (resetting joint malalignment, RJM)、矫正异常肌肉功能 (resetting abnormal muscle, RAM)、恢复关节稳定性 (resetting joint stabilization, RJS) 及恢复感觉运动控制 (resetting sensory motor control, RSMC), 即该技术的核心——4R 技术^[4]。本研究采用基于姿势解密技术的手法治疗脑卒中后偏瘫患者, 并观察治

疗后患者步行功能变化情况,发现康复疗效满意。

对象与方法

一、研究对象

本研究经青岛大学附属医院伦理学委员会审批(QYFYKY-LL923911921)。患者纳入标准包括:①均符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》关于脑卒中的诊断标准^[5],为单侧脑卒中;②病程≥1 个月,下肢肌张力改良 Ashworth 评级为 2 级或以下;③无认知功能障碍,可全程配合康复治疗,简易精神状态检查量表(mini-mental state examination,MMSE)评分≥20 分^[6];④无严重皮肤破溃、新发骨折等其他影响康复治疗的并发症;⑤患者对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括:①伴有严重心、肝、肺、肾等重要器官功能障碍,心肺功能较差等;②病程超过 1 年。本研究选取 2022 年 8 月至 2022 年 11 月期间在青岛大学附属医院康复医学科住院治疗并符合上述纳入标准的 40 例脑卒中偏瘫患者作为研究对象,采用随机数字表法将其分为观察组及对照组,每组 20 例。2 组患者一般资料情况(表 1)经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

二、治疗方法

2 组患者均施以常规康复干预,包括下肢关节松动训练、关节活动度训练、肌力训练、患侧肢体负重训练、重心转移训练、平衡功能训练、步行功能训练以及异常步态纠正训练等。对照组每天治疗 50 min,观察组每天治疗 40 min,2 组患者均每天治疗 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。观察组患者在上述基础上辅以姿势解密技术治疗,共包括 2 部分内容,具体治疗方法如下。

1.姿势评估:分别观察患者在站立位和坐位时头、颈、躯干的位置,找出偏离中立位姿势的关键点。若发现患者在两种体位下姿势明显不同,可从患者骨盆及下肢着手治疗,反之则从脊柱、肩胛骨及上肢开始治疗。

2.手法治疗:本研究以左侧偏瘫且因骨盆倾斜导致姿势异常的卒中患者为例。由于左侧偏瘫患者易引起腰椎左侧屈,在俯卧位时同一节段腰椎横突右侧高于左侧,左侧髂前上棘高于右侧,且髂后上棘左侧低于右侧,左髂臼位置向后内上方改变。具体手法操作如下:①矫正关节对位对线——患者保持右侧卧位,左侧下肢屈髋屈膝,治疗师位于患者前方,左手固定患者左侧髂后上棘,同时前臂固定患者髌骨,右手固定患者髂前上棘,右手向后、左前臂、左手向前,辅助患者左侧髌骨练习旋前纠正动作;患者保持俯卧位,垂直按压右侧高于左侧的腰椎横突部分,以矫正腰椎旋转;患者保持坐位,治疗师位于其右侧,用左手由右向左方向对患者腰椎进行剪切运动,同时右手由左向右方向进行牵拉;再次评估直至患者恢复中立位姿势,并嘱患者维持中立位姿势 5~

10 s;②矫正异常肌肉功能——对患者短缩的肌肉(如竖脊肌、腰方肌、腹肌、腓绳肌、阔筋膜张肌等)进行牵伸,对被拉长的肌肉(如竖脊肌、腰方肌、背阔肌、股四头肌、内收肌群等)进行肌力培养;③强化局部肌肉力量——如利用平衡板、平衡垫、悬吊等手段提供不稳定平面,增强患者关节的主动稳定性;④嘱患者尽量维持纠正后姿势,以促其感觉运动控制能力恢复。上述治疗每次持续 10 min,每天治疗 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。

三、疗效评估方法

于治疗前、治疗 3 周后对 2 组患者进行疗效评估,具体评定内容包括以下方面。

1.肩高度测量:测量时患者取坐位,双上肢自然垂于躯干两侧,分别标记患侧肩胛骨内上角及胸 2 棘突位置,测量其垂直距离(即肩高度)^[7]。

2.骨盆倾斜角度测量:即髂前上棘(anterior superior iliac spine,ASIS)与髂后上棘(posterior superior iliac spine,PSIS)间的夹角^[8],其正常范围为 $(11\pm4)^{\circ}$ ^[9]。测量时患者保持站立位,找出 ASIS 及 PSIS 并做标记,通过 Kinovea(0.8.15)软件测量其夹角^[10]。测量值在正常范围的患者标记为 1,非正常范围患者标记为 0,将治疗后骨盆倾斜角度由非正常范围转为正常范围的患者占比记为 ASIS 与 PSIS 夹角的治愈率。

3.下肢运动功能评定:选用 Fugl-Meyer 运动功能量表下肢部分(Fugl-Meyer assessment-lower extremity,FMA-LE)进行评定,该量表评定内容共有 17 项,满分 34 分,得分越高表示患者下肢运动功能越好^[11]。

4.步行功能评定:采用起立-行走计时测试(timed up to go test,TUGT)评估患者步行移动能力情况,计时越短表示患者步行功能越好^[12]。

5.步态评定:选用广州产 A7-2 型步态智能分析系统,通过 3D 步态还原模块对患者步态参数进行定量分析,具体分析指标包括步长^[13]及步频^[14]。

四、统计学方法

本研究采用 SPSS 22.0 版统计学软件包进行数据分析,计数资料[以率(%)表示]比较采用 χ^2 检验,计量资料以 $(\bar{x}\pm s)$ 表示,组内比较采用配对样本 t 检验,组间比较采用独立样本 t 检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、治疗前、后 2 组患者患侧肩高度比较

治疗前 2 组患者患侧肩高度(即肩胛骨内上角与胸 2 棘突间的垂直距离)绝对值组间差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗后 2 组患者患侧肩高度绝对值均较治疗前明显减小($P<0.05$),并且观察组患侧肩高度绝对值亦较对照组明显减小($P<0.05$),具体数据见表 2。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	卒中类型(例)		病程(月, $\bar{x}\pm s$)	偏瘫侧别(例)	
		男	女		脑出血	脑梗死		左侧	右侧
观察组	20	8	12	55.5±9.2	13	7	8.4±1.7	11	9
对照组	20	7	13	54.2±10.3	12	8	8.2±1.9	7	13

表 2 治疗前、后 2 组患者患侧肩高度绝对值比较
(mm, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后
观察组	20	8.75±3.67	2.85±2.71 ^{ac}
对照组	20	8.45±3.04	6.15±2.69 ^b

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$,^b $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^c $P<0.01$

二、治疗前、后 2 组患者下肢 FMA 评分、TUGT、步频及步长比较

治疗前 2 组患者下肢 FMA 评分、TUGT、步频及步长组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗后 2 组患者上述各项指标均较治疗前明显改善($P<0.05$ 或 0.01);通过进一步组间比较发现,治疗后观察组患者下肢 FMA 评分、TUGT 及步长亦显著优于对照组水平($P<0.05$ 或 0.01),具体数据见表 3。

三、治疗后 2 组患者 ASIS 与 PSIS 夹角及其治愈率比较

2 组患者经治疗 3 周后,发现观察组患者 ASIS 与 PSIS 夹角较对照组明显减小($P<0.05$),其治愈率亦显著优于对照组水平($P<0.05$),具体数据见表 4。

讨 论

本研究显示,治疗后观察组患者肩高度、下肢 FMA 评分、TUGT、患侧步长均较治疗前及对照组明显改善,并且骨盆倾斜角度恢复正常患者占比亦显著优于对照组水平,表明在常规康复干预基础上辅以姿势解密技术手法治疗能进一步改善脑卒中偏瘫患者的步行功能。

脑卒中偏瘫患者肢体功能恢复涉及神经可塑性、运动再学习等较复杂的神经机制,且恢复过程持续时间较长,因此患者会在一段时间内出现姿势异常^[15]。若人体长时间处于错误姿势状态,大脑会形成对错误姿势的“记忆”及“认知”,从而缺乏对运动的正确控制^[4]。当关节处于或接近中立位置时,人体能维持正常姿势,且此时各个关节的活动范围最佳,关节腔内压力最小,肌肉处于最适长度,能在机体耗能相对较小的情况下

执行各项活动^[16-17]。Genda 等^[17]研究表明应用整体观念对人体各关节中立姿势进行有针对性的强化训练,能改善处于非中立状态下患者的关节及肌肉功能,避免过度运动代偿的发生,可有效提升康复疗效。

姿势解密技术在治疗过程中,依照姿势评估结果逐步纠正患者的关节异常对线,有助于恢复关节被动稳定性。通过牵伸短缩肌肉增加肌节数量,能恢复肌肉柔韧性;通过局部肌肉强化训练能增强关节的主动稳定性,促使关节的位置及肌肉各项功能趋于正常,有利于脑卒中偏瘫患者步行功能恢复;同时姿势解密技术治疗还能提高患者的感觉统合功能,增强对正确姿势的认知,逐步纠正错误姿势并反馈到大脑,能促使运动控制功能恢复,而运动控制能力对于脑卒中偏瘫患者步行功能改善具有重要作用^[18]。

脑卒中偏瘫患者在步行时,由于患侧骨盆位置异常抬高,加上腹肌、臀肌肌力减弱及竖脊肌、屈髋肌等异常激活,导致患者骨盆倾斜角度发生改变。而骨盆位置对机体步速、步频及步长等均有一定程度的影响,通过对异常骨盆倾斜角度进行矫正,可有效提升脑卒中偏瘫患者步行功能^[9]。正确的骨盆位置还可以保障人体在空间方面的稳定性与定向性,提高姿势控制能力,而良好的姿势控制对脑卒中偏瘫患者平衡及步行功能恢复均有不同程度的积极影响^[20]。本研究采用姿势解密技术对脑卒中偏瘫患者进行干预,通过矫正患者异常骨盆倾斜角度,为其步行过程中的骨盆活动提供了空间,增强了骨盆周围肌肉协调收缩能力,同时还改善了患者腰椎及下肢的应力分布,从而有效提高患者步行功能^[19]。

脑卒中患者因上肢屈曲等异常动作常出现肩高度改变,诱发肩关节复合体(包括胸锁关节、肩锁关节、肩胛胸壁关节及盂肱关节)异常运动模式^[7]。这主要是由于脑卒中患者常伴有偏瘫侧肢体肌张力异常、肌力失衡和关节活动度减小等异常改变,导致胸椎后凸、侧屈、腰椎侧屈、旋转、骨盆倾斜及脊柱侧弯等各种代偿姿势^[21-22],尤其是胸椎后凸、侧屈能影响患者肩胛骨周围肌肉、韧带的长度,使肩关节复合体出现异常对位对线,患者在步行时上肢无法协调摆动,进而影响其步行功能。

表 3 治疗前、后 2 组患者下肢 FMA 评分、TUGT、步频及步长比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	下肢 FMA 评分 (分)	TUGT(s)	步长(cm/步)	步频(步/min)
观察组					
治疗前	20	19.45±2.82	22.33±7.90	39.95±8.23	74.20±11.52
治疗后	20	27.05±3.01 ^{ac}	15.55±4.40 ^{ac}	48.75±7.66 ^{ad}	89.66±9.17 ^a
对照组					
治疗前	20	19.95±3.19	23.87±7.41	37.35±8.25	75.03±10.73
治疗后	20	22.55±2.77 ^b	19.31±5.95 ^b	44.15±7.87 ^b	84.87±10.78 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$,^b $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^c $P<0.01$,^d $P<0.05$

表 4 治疗前、后 2 组患者 ASIS 与 PSIS 夹角及其治愈率比较

组别	例数	ASIS 与 PSIS 夹角($^{\circ}$, $\bar{x}\pm s$)		治疗前不正常 例数(例)	治疗后恢复正常 例数(例)	治愈率(%)
		治疗前	治疗后			
观察组	20	24.45±5.50	13.35±3.09 ^{ab}	17	15	88.24 ^b
对照组	20	23.25±5.95	17.10±4.99 ^a	15	7	46.67

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组相同指标比较,^b $P<0.05$

本研究观察组患者经治疗后,发现其肩高度较对照组更趋于正常,其步行功能亦显著优于对照组。相关治疗机制包括:姿势解密技术通过矫正肩关节复合体异常对位对线,使其逐步回归中立位置,能有效协助患者步行过程中上肢摆动;而上肢摆动训练能刺激上肢肌肉,增强机体反馈调节功能,进而改善行走质量;又或是上肢摆动能激活上、下肢功能间的耦联机制,促使下肢反射活动出现,从而提高患者步行功能^[23-24]。本研究 2 组患者治疗后步频均较治疗前有所改善,但组间差异仍无统计学意义($P>0.05$),分析原因可能是 2 组患者身高差异及患侧肌张力影响其肢体灵活程度,从而造成 2 组患者步频无显著差异。

综上所述,在常规康复干预基础上辅以姿势解密技术手法治疗可有效改善脑卒中偏瘫患者步行功能,该疗法值得临床推广、应用。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括疗效指标有待优化、入组患者数量较少、治疗观察时间偏短等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Benjamin EJ, Muntner P. Heart disease and stroke statistics-2019 update: a report from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2019, 139(10): 526-528. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000659.
- [2] Jang SH, Yeo SS, Cho MJ. Prediction of the gait function using the nigrostriatal and corticoreticulospinal tracts of the affected hemisphere in a cerebral infarct: a diffusion tensor imaging study [J]. *Medicine*, 2022, 101(39): e30788. DOI: 10.1097/MD.00000000000030788.
- [3] Xu Y, Hou QH, Russell SD, et al. Neuroplasticity in post-stroke gait recovery and noninvasive brain stimulation [J]. *Neural Regen Res*, 2015, 10(12): 2072-2080. DOI: 10.4103/1673-5374.172329.
- [4] 王强, 元相喜. 整体精准康复新技术-姿势解密技术简介 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(9): 644-646. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1422.2018.09.002.
- [5] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019 [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(9): 710-715. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2019.09.003.
- [6] Rubright JD, Nandakumar R, Karlawish J. Identifying an appropriate measurement modeling approach for the mini-mental state examination [J]. *Psychol Assess*, 2016, 28(2): 125-133. DOI: 10.1037/pas0000146.
- [7] 葛长甲, 王强, 魏玲, 等. 姿势解密技术治疗粘连期肩周炎疗效观察 [J]. *中国康复*, 2022, 37(2): 85-89. DOI: 10.3870/zgkf.2022.02.004.
- [8] Stephen JP, Peter W, Chris JN, et al. Variation in pelvic morphology may prevent the identification of anterior pelvic tilt [J]. *Man Manip Ther*, 2008, 16(2): 113-117. DOI: 10.1179/106698108790818459.
- [9] Kim MK, Kim SG, Shin YJ, et al. The relationship between anterior pelvic tilt and gait, balance in chronic stroke [J]. *J Phys Ther Sci*, 2018, 30(1): 27-30. DOI: 10.1589/jpts.30.27.
- [10] Fernandez GP, Koutsou A, Cuesta GA, et al. Reliability of kinovea software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects [J]. *Sensors*, 2020, 20(11): 3154. DOI: 10.3390/s20113154.
- [11] 陈瑞全, 吴建贤, 沈显山. 中文版 Fugl-Meyer 运动功能评定量表的最小临床意义变化值的研究 [J]. *安徽医科大学学报*, 2015, 50(4): 519-522. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2015.04.025.
- [12] Kubicki A. Functional assessment in older adults: should we use timed up and go or gait speed test [J]. *Neurosci Lett*, 2014, 577(8): 89-94. DOI: 10.1016/j.neulet.2014.06.04.
- [13] 王玉龙. 康复功能评定学 [M]. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 154-400.
- [14] Kavanagh JJ. Lower trunk motion and speed-dependence during walking [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2009, 6(9): 1-10. DOI: 10.1186/17430003-6-9.
- [15] Geerars M, Minnaar-van der FN, Huisstede BMA. Treatment of knee hyperextension in post-stroke gait: A systematic review [J]. *Gait Posture*, 2022, 91: 137-148. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.08.016.
- [16] Kotheraanurak V, Singhatanadgige W, Ratanakornphan C, et al. Neutral hip position for the oblique lumbar interbody fusion (OLIF) approach increases the retroperitoneal oblique corridor [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 583. DOI: 10.1186/s12891-020-03592-9.
- [17] Genda E, Horii E. Theoretical stress analysis in wrist joint-neutral position and functional position [J]. *J Hand Surg Br*, 2000, 25(3): 292-295. DOI: 10.1054/jhsb.2000.0388.
- [18] Klassen TD, Dukelow SP, Bayley MT, et al. Higher doses improve walking recovery during stroke inpatient rehabilitation [J]. *Stroke*, 2020, 51(9): 2639-2648. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.029245.
- [19] 吴燕婷, 祁奇, 姚加佳, 等. 肌内效贴骨盆干预对脑卒中后骨盆前倾患者的步行和平衡能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2023, 45(2): 137-140. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.02.010.
- [20] 邵印麟, 欧阳迎, 周立晨, 等. 姿势控制训练对脑卒中偏瘫患者足底压力、平衡功能和步行功能改善的影响 [J]. *河北医药*, 2018, 40(3): 389-392. DOI: 10.3969/J.issn.1002-7386.2018.03.016.
- [21] Gorst T, Rogers A, Morrison SC, et al. The prevalence, distribution, and functional importance of lower limb somatosensory impairments in chronic stroke survivors: a cross sectional observational study [J]. *Disabil Rehabil*, 2019, 41(20): 2443-2450. DOI: 10.1080/09638288.2018.1468932.
- [22] Van de WP, Hallemans A, Truijen S, et al. Increased mechanical cost of walking in children with diplegia: the role of the passenger unit cannot be neglected [J]. *Res Dev Disabil*, 2012, 33(6): 1996-2003. DOI: 10.1016/j.ridd.2012.05.029.
- [23] 于利国, 章志超, 王博, 等. 节律性听觉刺激引导下的上肢摆动训练对脑卒中患者步行能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2023, 45(3): 205-209. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.03.003.
- [24] Mainka S, Wissel J, Vller H, et al. The use of rhythmic auditory stimulation to optimize treadmill training for stroke patients: a randomized controlled trial [J]. *Front Neurol*, 2018, 9: 755. DOI: 10.3389/fneur.2018.00755.

(修回日期: 2023-05-25)

(本文编辑: 易 浩)