

文章编号: 1004-7220(2023)06-1114-06

双任务介入对社区脑卒中患者步态参数及其对称性的影响

刘鑫玥¹, 刘鹏波², 霍洪峰^{1,3}(1. 河北师范大学体育学院, 石家庄 050024; 2. 河北省中医院 康复科, 石家庄 050011;
3. 河北省人体运动生物信息测评重点实验室, 石家庄 050024)

摘要:目的 对比社区脑卒中患者单任务步行与不同类型和不同负荷双任务步行时步态参数及其对称性的差异。方法 利用 Simi Motion 三维动作分析系统采集 20 名处于慢性恢复期的社区脑卒中患者在单任务步行及不同负荷认知双任务步行和运动双任务步行时步态参数, 并间接计算出其对称指数。采用单因素重复测量方差分析对比单任务步行与不同双任务步行时步态参数及其对称性差异。结果 与单任务步行相比, 社区脑卒中患者在高低负荷认知任务介入时步速、患侧步长、健侧摆动相占比均降低, 困难认知任务介入时健侧步宽和健侧、患侧支撑相占比增加、健侧步长和患侧摆动相占比降低, 摆动相占比对称指数减小 ($P < 0.05$)。结论 社区脑卒中患者主要通过降低步速、缩减步长、降低摆动相占比、增加步宽和支撑相占比, 改变步态模式来应对认知任务干扰, 对于步态稳定性, 高负荷认知任务的介入, 会增加社区脑卒中患者摆动相占比的不对称性程度, 降低其步态稳定性。

关键词: 脑卒中; 双任务介入; 对称性; 步态稳定性

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2023.06.009

Effects of Dual-Task Intervention on Gait Parameters and Symmetry in Community Stroke Patients

LIU Xinyue¹, LIU Pengbo², HUO Hongfeng^{1,3}

(1. College of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China; 2. Department of Rehabilitation, Hebei Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shijiazhuang 050011, China; 3. Hebei Key Laboratory of Human Sports BioInformation Evaluation, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract: Objective To compare the difference of gait parameter and symmetry between single task walking and double-task walking with different types and different loads in community stroke patients. **Methods** The gait parameters of 20 community stroke patients in chronic convalescence during single task walking, cognitive double-task walking and motor double-task walking with different loads were collected by Simi Motion three-dimensional (3D) motion analysis system, and the symmetry index (SI) was calculated indirectly. The single-factor repeated measure variance analysis was used to compare gait parameters and symmetry differences between single task walking and walking with different double tasks. **Results** Compared with single task walking, the walking speed, step length of affected leg side and the swing phase proportion of healthy leg side in community stroke patients during intervention of high-low load cognitive tasks were decreased ($P < 0.05$), while step width of healthy side and the support phase proportion of healthy side and affected side was increased during

收稿日期: 2023-04-26; 修回日期: 2023-05-31

基金项目: 河北省科技支撑项目 (16275709), 河北省专业学位研究生教学案例建设项目 (KCJSZ2020031)

通信作者: 霍洪峰, 高级实验师, E-mail: hhf413@163.com

intervention of difficult cognitive tasks, stride length of healthy leg side and the swing phase proportion of affected leg side swing was decreased, and the SI of the swing phase proportion decreased ($P < 0.05$). **Conclusions** Community stroke patients mainly deal with cognitive task interference by reducing walking speed, reducing step length, reducing swing phase proportion, increasing step width and support phase proportion, and changing gait patterns. For gait stability, the intervention of high-load cognitive tasks will increase the asymmetry degree of swing proportion of community stroke patients and reduce their gait stability.

Key words: stroke; dual-task intervention; symmetry; gait stability

脑卒中患者会遗留不同程度的认知和运动功能障碍。卒中后 3 个月,几乎 50% 的脑卒中患者会出现导致步态、身体功能和行走稳定性下降的运动缺陷,14%~42% 的患者会表现出认知功能障碍,导致无法同时完成多项任务,社会参与缺失,直接降低患者的生存质量^[1]。McDowell 等^[2] 研究认为,注意力、决策能力和其他形式的认知处理将参与所有运动功能的恢复和改善,包括平衡、步态、姿势控制等,认知和运动功能的相互作用和同时改善是提高脑卒中患者整体功能的必要条件。近年来,理解脑卒中患者认知资源与运动控制之间的相互作用,已成为临床康复领域的研究重点。

双任务范式可以通过检查从单任务到双任务条件下步态性能的变化,明确认知资源在脑卒中患者运动控制中的作用,包括认知双任务步行和运动双任务步行,即步行的同时完成 1 项认知任务或其他运动任务^[3]。目前,有关社区脑卒中患者步态相关的认知-运动相互作用效应研究较为有限^[4-6],且多集中于步速、步频、步幅时间等简单参数在单一双重任务类型和任务负荷介入后的变化特征,虽然可以在一定程度上反映双任务介入后社区脑卒中患者步态的功能性水平,但对全面揭示步态稳定性的信息存在一定局限性。本文评估了社区脑卒中患者不同负荷下认知双任务步行和运动双任务步行的步态参数及其对称性特征,可以提供社区脑卒中患者双任务步行过程中姿势控制的有用信息,有助于量化其双任务步行期间步态稳定性,帮助社区医生确定治疗中的特定限制。本研究假设:与单任务步行相比,高负荷认知任务的介入可能会引起社区脑卒中患者步态特征改变,并增加其步态的不对称程度。

1 研究对象与方法

1.1 受试者选取

在河北省中医院康复科门诊招募 20 名处于慢

性恢复期的社区脑卒中患者,其基本资料见表 1。纳入标准:① 符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》中缺血性脑卒中的诊断标准且有临床、CT 或 MRI 明确诊断证明,生命体征平稳;② 首发脑卒中,功能障碍仅累及单侧且回归社区生活大于 8 个月^[7];③ 年龄 35~59 岁;④ Berg 平衡量表 ≥ 40 分^[7]。⑤ 能在没有辅助设备的情况下独立行走 15 m^[7];⑥ 能够使用健侧上肢持水杯完成测试;⑦ 意识清醒,有能力理解实验人员指令并服从指令。排除标准:① 存在各种原因导致步行障碍的患者;② 认知功能受损,即蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA) ≤ 22 分^[7],不能理解、执行实验人员指令;③ 存在严重的心、肺等全身性并发症或其他可能威胁受试者生命健康疾病的患者。本研究获得河北师范大学生物医学伦理委员会批准。

表 1 社区脑卒中受试者基本信息($n=20$)

Tab. 1 Basic Information of community stroke subjects

参数	数值	范围
年龄/岁	45.60±7.42	35~57
身高/m	1.77±0.04	1.68~1.81
体质量/kg	76.15±4.11	69~82
性别(男/女)	20/0	
回归社区时间/月	10.8±1.91	8~14
卒中类型(出血/梗死)	0/20	
累及肢体侧(左/右)	20/0	
Berg 平衡量表得分	47.6±1.82	45~50
MoCA 量表得分	28.25±0.91	27~30

1.2 实验仪器

Simi Motion 三维动作分析系统(SIMI 公司,德国)用于采集和分析社区脑卒中患者单任务步行和不同双任务步行时步态参数及其对称性指标的原始数据;标有容量刻度(500 mL)的塑料烧杯用来完成运动双任务干预;随机数生成器软件用于随机生成任务实施顺序、受试者实验参与顺序以及认知双任务干预。

1.3 认知任务设计

采用 n-back 听觉语言认知任务完成社区脑卒中患者双任务步行时认知任务干预。应用随机数生成器软件生成 10 个两位数的随机数,由实验人员依次念出并随机停止。简单认知负荷步行时,患者需回答出完整随机数列的倒数第 1 个数字,困难认知负荷步行时,需回答出完整随机数列的倒数第 2 个数字。

1.4 运动任务设计

采用步行时健侧手持含不同容量水的塑料烧杯完成社区脑卒中患者双任务步行的运动任务干预。简单运动负荷步行时患者需手持含 250 mL 水的塑料烧杯,困难运动负荷步行时需手持含 500 mL 水的塑料烧杯。

1.5 实验流程

实验前准备:实验人员需提前完成仪器设备的恰当摆放、定标架位置选取和后续的设备功能调试,准备好水源和带刻度烧杯应用于脑卒中患者运动双任务步行,用随机数生成器软件生成脑卒中患者单任务与不同双任务步行的实施顺序和认知双任务步行时的随机双位数素材。另一位实验人员需根据具体量表对脑卒中患者进行测试并记录每位受试者的基本和测试情况信息,用随机数生成器软件生成每位脑卒中受试者的实验顺序并在此环节告知,使其能提前做好准备。准备工作完成后,由实验人员带领脑卒中受试者到达正式实验区域。

实验数据采集:社区脑卒中患者站在指定实验步行区域起点,患者家属在距实验区域外最近位置保护患者,防止其跌倒出现意外,单任务和运动双任务步行(健侧手持装水的塑料烧杯)时,在实验人员发出“开始”指令同时,受试者开始步行,到达指定区域边界自动停止,同时停止数据采集。认知双任务步行(n-back 听觉语言任务)时,在实验人员念出随机数列的同时,患者开始步行,随机数列停止,回答出正确答案,并停止步行和数据采集。运动双任务步行需保证烧杯中的水不洒出,认知双任务步行需回答出正确答案,所有步行过程均存在 3 个完整步态周期数据,算作 1 次成功的实验数据。不同条件步行结束后需间歇 3 min,防止脑卒中患者过度疲劳,步行测试记录 3 次有效数据,取平均值进行统计学分析。

1.6 数据处理与实验指标

运动学数据采用 Simi Motion 软件进行处理,根据人体关节定义 15 个标志点(头、左/右肩峰、左/右肘、左/右手腕、左/右髂前上棘、左/右膝关节、左/右踝关节、左/右脚尖),建立 Helen Hayes 模型,导入采集视频,对受试者逐一进行标定,完成各关节位置的识别与计算,得出各关节位置坐标,并依据运动学数据间接计算出步态参数及其对称指数,选取 3 次受试者健侧和患侧脚触地时刻有效数据计算平均值后进行统计学分析。

1.6.1 步态参数 步速:步幅与步态周期比值;步长:足触地时刻左右脚尖坐标的前后距离;步宽:足触地时刻左右脚尖坐标的左右距离;支撑相占比:支撑时间占步态周期百分比;摆动相占比:摆动时间占步态周期百分比。

1.6.2 对称指数 对称指数(symmetry index, SI)可以通过对比步行过程中步态参数的相似程度来评价步态稳定性。SI 反映了不对称程度,SI=0 代表最佳对称,正 SI 表示该参数在右腿偏的幅度较大,负 SI 表示左腿偏的幅度较大,得出的 SI 值绝对值越大,不对称性越大,相对步行来说,两腿间差异越大,步行越不稳定。SI 计算公式为:

$$SI = \frac{V_R - V_L}{\frac{1}{2}(V_R + V_L)} \times 100$$

其中: V_L 、 V_R 分别为左腿和右腿相应步态参数的值。

1.7 统计学分析

统计学分析采用统计软件 SPSS 25.0,所得参数值以平均值±标准差表示。采用 Shapiro-Wilk 法对数据进行正态分布检验,用 Levene's 检验数据方差齐性。采用单因素重复测量方差分析(one-way repeated measures ANOVA)对比单任务步行与不同双任务步行步态参数及其 SI 差异, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 步态参数

与单任务相比,认知任务介入时步速、患侧步长、健侧摆动相占比均降低($P<0.05$),运动任务介入时步速、健侧摆动相占比小于单任务步行($P>0.05$),简单运动双任务步行患侧步长与单任务

步行相同 ($P>0.05$), 困难运动双任务步行患侧步长小于单任务步行 ($P>0.05$), 困难认知任务介入与单任务步行相比健侧步宽和健侧、患侧支撑相占比增加 ($P<0.05$)、健步长和患侧摆动相占比降低 ($P<0.05$), 简单认知任务和运动任务介入健步长小于单任务步行 ($P>0.05$), 简单认知任务介入患侧摆动相占比小于单任务步行 ($P>0.05$), 简单运动任务介入患侧摆动相占比大于单任务步行 ($P>0.05$), 困难运动任务介入患侧摆动相占比与单任务步行相同 ($P>0.05$), 简单认知任务和简单运动任务介入健

侧步宽大于单任务步行 ($P>0.05$), 困难运动任务介入健侧步宽小于单任务步行 ($P>0.05$), 简单认知任务和困难运动任务介入健侧支撑相占比大于单任务步行 ($P>0.05$), 简单运动任务介入与单任务步行健侧支撑相占比相同 ($P>0.05$), 简单认知任务介入患侧支撑相占比大于单任务步行 ($P>0.05$), 简单运动任务介入患侧支撑相占比小于单任务步行 ($P>0.05$), 困难运动双任务步行与单任务步行患侧支撑相占比相同 ($P>0.05$), 不同双任务介入时患侧步宽的变化均不具有统计学意义 (见表 2)。

表 2 不同双任务步行时步态参数比较 ($n=20$)

Tab. 2 Comparison of gait parameters in different dual tasks

参数	单任务步行	认知双任务步行		运动双任务步行	
		简单	困难	简单	困难
步速/($m \cdot s^{-1}$)	0.43±0.14	0.38±0.11*	0.38±0.11*	0.43±0.13	0.41±0.12
健侧步长/m	0.37±0.09	0.32±0.12	0.34±0.07*	0.37±0.08	0.36±0.09
患侧步长/m	0.20±0.07	0.17±0.06*	0.16±0.06*	0.20±0.07	0.19±0.08
健侧步宽/m	0.16±0.06	0.18±0.07	0.19±0.04*	0.17±0.06	0.16±0.05
患侧步宽/m	0.40±0.10	0.39±0.09	0.41±0.08	0.42±0.10	0.41±0.10
健侧支撑相占比/%	0.77±0.05	0.80±0.04	0.81±0.04*	0.77±0.05	0.79±0.04
患侧支撑相占比/%	0.73±0.05	0.74±0.05	0.74±0.05*	0.72±0.05	0.73±0.05
健侧摆动相占比/%	0.22±0.05	0.19±0.04*	0.18±0.04*	0.21±0.05	0.21±0.05
患侧摆动相占比/%	0.27±0.05	0.26±0.05	0.26±0.05*	0.28±0.05	0.27±0.05

注: * 表示与单任务相比, $P<0.05$ 。

2.2 SI

与单任务步行相比, 困难认知任务介入时摆动相占比 SI 减小 ($P<0.05$)、步长、步宽和支撑相占比 SI 增大 ($P>0.05$), 简单认知任务和运动任务介入时各步态参数 SI 的差异均不具有统计学意义 (见图 1)。

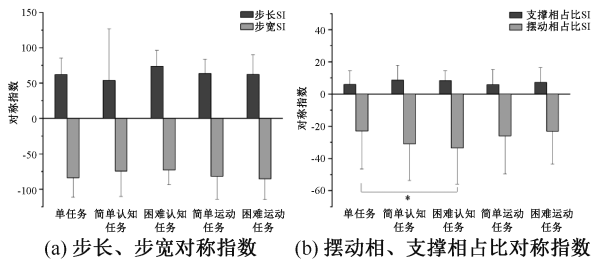


图 1 不同双任务步行时对称指数比较

Fig. 1 Comparison of symmetry index in different dual tasks

- (a) Symmetry indices of step length and step width,
(b) Symmetry indices of swing phase and support phase proportions

注: * 表示与单任务相比, $P<0.05$ 。

3 讨论

本文在以往研究的基础上, 探究了社区脑卒中患者单任务步行与不同负荷认知双任务步行、运动双任务步行的步态参数及其对称性特征。研究结果表明, 与单任务步行相比, 高负荷认知任务介入会引起社区脑卒中患者步态模式改变, 摆动相占比不对称性增大, 符合本文的研究假设。

采用生物力学手段进行步态分析可以对比单任务步行与不同双任务步行步态特征变化规律, 明确第 2 任务与维持稳定步行之间的相互作用, 对理解脑卒中相关神经损伤后运动控制的恢复有重要意义。本文结果显示, 与单任务步行相比, 仅认知任务介入会引起步速降低, 高低负荷运动任务介入均未引起该参数的变化。脑卒中患者步速降低双任务干扰效应与早期研究^[8-9]结果一致, 但在前人研究的基础上, 本文提出, 与单任务相比, 高低负荷的认知任务介入均会引起步速降低, 且影响幅度几乎一致。由于人体注意力资源总量有限^[10], 脑卒中

后引发的脑神经损伤会导致运动功能障碍,完成动态姿势控制就需要占用更多的认知资源。当外加认知任务介入后,脑卒中患者无法同时处理认知任务和姿势控制信息,为保证认知任务的顺利完成,只能争夺姿势控制认知资源,牺牲步态控制,降低步速来应对认知干扰。步速在一定程度上反映步行能力的强弱^[11]。与单任务行走相比,高低认知负荷的介入未引起步速降低的明显差异,这可能表示脑卒中患者在社区生活期间步行能力已实现阶段性恢复,但并未恢复到较高水平,因此并不能随着认知干扰的增加进一步作出灵活应变措施。结合本课题组之前对健康人群的研究^[12],健康人群在相同高低负荷认知介入后,随着认知负荷的增加,步速会越来越慢,说明相较于健康人,脑卒中患者步行能力的恢复程度限制可能是导致步速在高低认知负荷间变化趋势一致的主要原因。

本文还探究了不同双任务介入对脑卒中患者步长和步宽的影响。与步速双任务干扰效应相似,仅认知任务介入引起步长的变化。步长与步行的自动化水平相关^[13]。认知任务的介入导致步长降低,表明脑卒中患者认知双任务步行时步态自动控制能力减弱,经过一段时间社区生活的脑卒中患者,虽然已经具备一定的能力,包括步态逐渐恢复自动化以及重新获得合理分配注意力的能力,但仍存在各种程度的异常步态模式,随意控制能力均未恢复到正常健康人的理想状态。因此,仅低负荷的认知干扰出现,便会轻易打破重新建立起来且并不稳固的自动化步行状态。步宽与人体左右方向的平衡控制有关^[14]。本文结果显示,与单任务步行相比,困难认知任务介入时会导致健侧步宽增大,患侧步宽的变化虽无统计学意义,但也呈增加趋势。李威等^[11]研究认为,步宽越大,代表人体平衡能力越差。对于脑卒中患者而言,偏瘫侧肢体运动功能障碍,肌力下降,肌张力增高,导致健患侧肢体活动不对称,其左右方向的平衡能力下降,步宽增加可以改善左右方向的支撑面积,增强自身稳定性,降低跌倒风险。因此,本文认为,在认知任务介入后,脑卒中患者原本步态维持模式遭到破坏,为维持自身稳定,采取增加步宽等措施来积极应对。另外,结合步态时间参数的研究结果,与单任务步行相比,高低负荷认知任务介入均会降低健侧摆动相占

比,困难认知任务介入会增加健患侧支撑相占比,降低患侧摆动相占比,这也进一步支持了上述观点。健患侧支撑相占比的增加和患侧摆动相占比的降低使脑卒中患者运动障碍侧的腾空时间减少,运动功能良好侧的稳定触地时间增加,进而优化了脑卒中患者行进间的动态稳定性,这也是脑卒中患者应对外界认知干扰所采取的叠加步态稳定补偿策略。相比认知任务,运动任务介入后并未引起社区脑卒中患者步态模式的改变,其原因可能是社区脑卒中患者经过一段时间的恢复和适应,已具备一定的行动能力,并形成固定的社区生活行为模式。本文选择健侧手端水杯作为第2运动任务介入社区脑卒中患者步态,可能存在健侧功能优势误差倚。也可能是由于运动任务过于简单,不足以激发社区脑卒中患者整体步态模式的改变。

步态特征参数的不对称程度是评价脑卒中患者步态稳定性的有用指标。脑卒中患者单侧脑区神经结构损伤,导致对侧肢体运动功能障碍,步行时呈现出健患侧不对称的异常步态模式^[15]。步行过程中第2任务的介入可能会增加脑卒中患者异常步态模式的不对称程度。本文通过生物力学手段测试不同第2任务介入时社区脑卒中患者步态特征参数,并间接计算其SI来评价社区脑卒中患者不同状态行走时步态稳定性差异。结果显示,与单任务步行相比,困难认知任务介入时社区脑卒中患者摆动相占比SI绝对值增大,步态不对称程度增大,步态稳定性下降。一项研究探讨了3种不同认知任务介入对社区脑卒中患者步态时间参数对称性的影响,结果显示,认知任务的介入会增加社区脑卒中患者步态时间参数的不对称性^[16];该结果虽不具有统计学意义,但其变化趋势与本文结果一致。中心共享模型理论认为,人体认知资源总量具有一定容量限度^[10,17]。当同时执行两项或多项任务时,认知资源在每项任务上的分配就会相应减少,导致单项任务性能降低。对于社区脑卒中患者,处于慢性恢复期,步态不对称异常模式是主要运动障碍遗留症状^[18];在第2任务介入后,争夺步态控制认知资源,导致其步态不对称程度增加,步态稳定性下降。结合上述步态参数,本文认为,社区脑卒中患者虽出现明显的步态控制双任务干扰效应,但仍能通过步态模式的调整维持整体姿势的

稳定状态。一方面,可能是由于第2任务的干扰较小,未触及社区脑卒中患者的稳定极限;另一方面,也表明社区脑卒中患者在经过一段时间恢复后,能在异常的步态模式下重新拥有处理外界干扰的弹性应变能力。即处于慢性恢复期的脑卒中患者,虽然仍保留顽固的异常步态模式,其步行能力已经逐渐恢复,但具体恢复程度还需进一步探究。该结果也提示,后续可以增加处于急性期以及不同恢复阶段脑卒中患者双任务步行控制能力的对比研究,确定恢复过程中的理想时间,以采取针对性干预措施解决双重任务性能缺陷。

4 结论

社区脑卒中患者主要通过降低步速、缩减步长、降低摆动相占比、增加步宽和支撑相占比,改变步态模式来应对认知任务干扰。对于步态稳定性,高负荷认知任务的介入,会增加社区脑卒中患者摆动相占比的不对称性程度,降低其步态稳定性。

参考文献:

- [1] EINSTAD MS, SALTVEDT I, LYDERSEN S, et al. Associations between post-stroke motor and cognitive function: A cross-sectional study [J]. *BMC Geriatr*, 2021, 21(1):103.
- [2] PARK MO, LEE SH. Effect of a dual-task program with different cognitive tasks applied to stroke patients: A pilot randomized controlled trial [J]. *NeuroRehabilitation*, 2019, 44(2): 239-249.
- [3] WALSHE EA, ROCHE R, WARD C, et al. Comparable walking gait performance during executive and non-executive cognitive dual-tasks in chronic stroke: A pilot study [J]. *Gait Posture*, 2019, 71: 181-185.
- [4] 鲁俊,许光旭,孟殿怀,等. 认知任务干扰脑卒中步态的前驱研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(4): 454-456.
- [5] BAEK CY, YOON HS, KIM HD, et al. The effect of the degree of dual-task interference on gait, dual-task cost, cognitive ability, balance, and fall efficacy in people with stroke: A cross-sectional study [J]. *Medicine*, 2021, 100(24): e26275.
- [6] PATEL P, BHATT T. Task matters: influence of different cognitive tasks on cognitive-motor interference during dual-task walking in chronic stroke survivors [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21(4): 347-357.
- [7] YANG L, LAM FM, HUANG M, et al. Dual-task mobility among individuals with chronic stroke: Changes in cognitive-motor interference patterns and relationship to difficulty level of mobility and cognitive tasks [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2018, 54(4): 526-535.
- [8] HYNDMAN D, ASHBURN A, YARDLEY L, et al. Interference between balance, gait and cognitive task performance among people with stroke living in the community [J]. *Disabil Rehabil*, 2006, 28(13-14): 849-856.
- [9] KIZONY R, LEVIN MF, HUGHEY L, et al. Cognitive load and dual-task performance during locomotion poststroke: A feasibility study using a functional virtual environment [J]. *Phys Ther*, 2010, 90(2): 252-260.
- [10] TOMBU M, JOLICOEUR P. All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon[J]. *Psychol Res*, 2002, 66(4): 274-286.
- [11] 李威,曾祥斌,章荣,等. 核心稳定性训练对脑卒中偏瘫患者步态时空参数和对称性参数的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(9): 816-822.
- [12] 刘鑫玥,邢新阳,霍洪峰. 不同认知负荷行走时人体动态稳定性的差异[J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(9): 1335-1339.
- [13] 杨凤娇,王芾斌,侯美金,等. 三维步态分析比较青年人与老年人双任务下步态特征的差异[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(3): 344-349.
- [14] 郑慧芬,孙威,宋祺鹏,等. 手机任务介入对下楼梯行走动态稳定性的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2021,40(7):528-535.
- [15] 单莎瑞,黄旭明,张明兴,等. 三维步态分析低频重复经颅磁刺激治疗脑卒中后偏瘫的步态变化[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(5): 762-767.
- [16] PLUMMER-D'AMATO P, ALTMANN LJ, SARACINO D, et al. Interactions between cognitive tasks and gait after stroke: A dual task study [J]. *Gait Posture*, 2008, 27(4): 683-688.
- [17] 刘玉,李庆雯. 双任务训练在脑卒中患者下肢康复中的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(1): 100-105.
- [18] TERUI Y, SUTO E, KONNO Y, et al. Evaluation of gait symmetry using a tri-axial accelerometer in stroke patients [J]. *NeuroRehabilitation*, 2018, 42(2): 173-180.