

惯性步态设备评估脑卒中患者 6 分钟步行试验中的步态参数

贾胜男 王寒明 杨傲然 郗淑燕 谭建

首都医科大学附属北京康复医院,北京 100144

通信作者:王寒明

【摘要】 目的 探讨惯性步态设备在评估脑卒中患者 6 分钟步行试验(6MWT)中评估步态参数的可行性及其与 Berg 平衡量表之间的潜在联系。方法 回顾性分析 2021-06—2021-08 于北京康复医院进行康复的脑卒中患者 30 例,患者佩戴惯性步态设备并以自适应步速进行 6MWT,评价指标包括步行距离、步态的时空及运动学参数等。受试前采用 Berg 平衡量表对患者进行平衡能力的评价。结果 所有脑卒中患者均佩戴惯性步态设备完成了 6MWT,患者在 6MWT 中完成的第一圈(T1)与最后一圈(T2)之间步态差异无统计学意义($P=0.055\sim 0.968$),患侧下肢支撑相时长百分比(66.58 ± 3.69)%与单支撑相时长百分比(29.92 ± 5.47)%均小于非患侧[(70.14 ± 5.07)%、(33.21 ± 4.17)%],差异有统计学意义($P=0.003, 0.011$)。6MWT 步行距离、步速及步长与 Berg 平衡量表之间呈高度相关($r=0.610\sim 0.695, P=0.001$)。结论 在 6MWT 中利用惯性步态设备能够提供关于脑卒中患者步行功能的步态数据,可能可作为评估脑卒中患者的步行功能的一种有效补充。

【关键词】 脑卒中;惯性步态设备;6 分钟步行试验;Berg 平衡量表;步行功能;康复

【中图分类号】 R743.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110(2022)08-0959-05

基金项目: 国家重点研发计划主动健康和老龄化科技应对重点专项(编号:2020YFC2004300)

Feasibility of using an inertial gait device to measure the gait parameters during 6-minute walking test in stroke patients

JIA Shengnan, WANG Hanming, YANG Aoran, QI Shuyan, TAN Jian

Beijing Rehabilitation Hospital of Capital Medical University, Beijing 100144, China

Corresponding author: WANG Hanming

【Abstract】 Objective To explore the feasibility of inertial gait devices in assessing gait parameters in the 6-minute walk test (6MWT) in stroke patients and their potential association with the Berg balance scale. **Methods** Thirty stroke patients were included in Beijing Rehabilitation Hospital from June 2021 to August 2021. Patients wore an inertial gait device and performed 6MWT at an adaptive gait speed, and evaluation indexes included walking distance, temporal and kinematic parameters of gait. Each patient's balance was evaluated using the Berg Balance Scale before being tested. **Results** All stroke patients completed the 6MWT wearing inertial gait devices, and there was no statistically significant difference in gait between the first (T1) and last (T2) laps completed by patients in the 6MWT (P value $0.055\sim 0.968$), and the percentage of time spent in the support phase of the affected lower limb (66.58 ± 3.69)% and the percentage of time spent in the single support phase (29.92 ± 5.47)% were smaller than those on the non-affected side ((70.14 ± 5.07)%, (33.21 ± 4.17)%), with statistically significant differences (P value $0.003, 0.011$). There was a high correlation between MWT walking distance, stride speed and stride length and Berg balance scale ($r=0.610\sim 0.695, P$ value 0.001). **Conclusion** The use of inertial gait devices in the 6MWT can provide gait data on walking function in stroke patients and may be a useful supplement to assess walking function in stroke patients.

DOI: 10.12083/SYSJ.220775

本文引用信息:贾胜男,王寒明,杨傲然,郗淑燕,谭建. 惯性步态设备评估脑卒中患者 6 分钟步行试验中的步态参数[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(8): 959-963. DOI: 10.12083/SYSJ.220775

Reference information: JIA Shengnan, WANG Hanming, YANG Aoran, QI Shuyan, TAN Jian. Feasibility of using an inertial gait device to measure the gait parameters during 6-minute walking test in stroke patients [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25(8): 959-963. DOI: 10.12083/SYSJ.220775

[Key words] Stroke; Inertial gait equipment; 6MWT; Berg balance scale; Walking function; Rehabilitation

脑卒中是一种急性脑血管疾病,亦是世界范围内成年人致死、致残的主要原因^[1]。脑卒中患者可能存在多种功能障碍,其中步态异常是卒中后最常见的运动改变之一^[2]。卒中后步态障碍对患者生活质量、功能及心理均会造成严重不良影响,有效恢复和改善卒中后患者步态成为当前物理治疗实践强调的重要目标之一^[3-4]。6分钟步行试验(6 minutes walking test, 6MWT)在近年来被用于脑卒中患者的步行能力及有氧耐力评估,该试验与常用的功能评价(如定时步行测试、10米步行测试及楼梯升降测试等)具有较强的关联性,其结果与下肢力量、Berg平衡量表评分呈正相关^[5-7]。但截至目前,6MWT所能提供的信息仍然十分有限,少有针对卒中患者在6MWT中步态参数变化方面的研究,绝大部分步态试验需要在基于视觉等复杂步态分析实验室环境中进行,而这一复杂的实验过程可能会导致受试者步态模式偏离自然步态^[8]。此外,高额的仪器购置及测试费用也降低了这些设备在门诊或病房使用的广泛性。

近年来,以惯性测量单元为主的便携式步态设备以其轻便、高适应性及较高的成本效益在临床研究中得到越来越多的应用^[9],有报道称该技术可用于指导下肢手术患者术后的康复训练,并显示出令人满意的准确性水平^[10-11]。本研究拟通过便携式惯性步态设备探讨脑卒中患者6MWT中步态参数的变化并挖掘其与Berg平衡量表评分之间的潜在联系。

1 对象与方法

1.1 对象 回顾性选取北京康复医院康复医学科病房的脑卒中患者30例,年龄(67.1±9.7)岁;男19例,女11例;患侧:左17例,右13例;发病时间6(1,35)个月。纳入标准:符合《中国脑血管疾病分类2015》的标准^[12];首次发病的脑卒中患者,并经头颅CT或MRI检查证实;站立平衡≥Ⅱ级;生命体征稳定,意识清晰,认知功能良好,能够理解试验目的与步骤;无严重心肺功能不全、老年性失智症等;本人自愿参加研究并签署知情同意书。排除标准:多次脑卒中;严重心肌缺血、严重高血压及临床诊断运动禁忌证者;简易精神状态检查量表(mini-mental state examination, MMSE)评分<23分^[13];存在其他严重影响运动功能的疾病。

1.2 便携式步态设备 使用可穿戴惯性传感器系统 IDEEA3 (MiniSun Ltd., Fresno, CA) 测量和分析。IDEEA3 硬件是由主记录仪、副记录仪及一些配件组成^[14]。主记录仪在实验过程中佩戴在受试者腰间或由患者手持,其外延3个传感器,分别贴于大腿和胸口。副记录仪佩戴于脚踝外侧上方,该模块集成了一个微控制器、三轴加速度计、陀螺仪和电池,数据将通过无线发送到主记录仪。IDEEA3 在测量之前不需要进行过多的调整校准,其算法是利用站立姿势时从加速度计检测到的垂直重力轴估计垂直方向,通过最大限度地提高行走时的俯仰角速度估计方位角方向,其准确性已在既往文献^[15-17]中报道。

1.3 步态测试 实验测量于北京康复医院进行,所有受试者准确填写基本信息,包括年龄、身高、体重及鞋码尺寸。使用6MWT和Berg平衡量表评价患者的步行能力。6MWT按照美国胸科协会指导共识^[18],由两名资深治疗师负责并在同一病房中的长30米走廊上进行,开始及转弯处用颜色鲜亮的胶带标记。测试前每名受试者会佩戴设备并进行1~2 min的自适应训练以熟悉实验流程并缓解情绪。在测试过程中,每名受试者均按照要求佩戴IDEEA3并以自适应步速进行实验,记录整个测试期间的步态。测试时一名治疗师在后方提供必要指令并避免干扰患者正常步行,同时确保整个实验过程中受试者安全。记录患者在实验过程中所产生的不适(头晕、胸痛及气短等),如受试者无法继续进行时立刻停止实验。

1.4 评价指标 步态参数的主要结果参数为步速、步频、对称性、步幅、支撑相持续时间(单支撑相及双支撑相持续时间)。使用 IDEEA GaitReport (MiniSun Ltd., Fresno, CA) 对受试者的步态进行分析,该软件与 IDEEA3 配套,能够将受试者的步速、对称性、步行距离等基本参数输出为 Excel 文件。为避免受试者总步行距离不同对步态分析带来的偏倚,选择患者在实验开始时的第一圈(T1)及实验结束前的最后一圈(T2)的步态参数进行分析。使用 Berg 平衡量表评估患者当前身体状态平衡能力,Berg 平衡量表在脑卒中患者中具有良好的内在信度和同时效度,最高分56分,分数越高表示平衡功能越好^[19]。由同一名康复治疗师对患者进行Berg平衡量表评估并进行记录。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。根据 Shapiro-Wilk 正态性检验结果,正态分布数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不同时间、不同侧别步态参数的比较使用独立样本 *t* 检验;非正态数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。采用 Pearson 相关分析 Berg 平衡量表与通过惯性传感器获得的步态参数之间的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有受试者均完成测试, Berg 平衡量表评分 (38.5 ± 5.6) 分, 6MWT 为 (277.3 ± 84.4) m。T1 与 T2 步态参数差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 患侧下肢支撑相时长 (%) 与单支撑相时长 (%) 均小于非患侧, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。见表 1。6MWT、步速与步长与 Berg 平衡量表之间呈高度相关性 ($r = 0.610 \sim 0.695, P < 0.01$), 见表 2。

表 1 6MWT T1 与 T2 的步态数据 ($n=30, \bar{x} \pm s$)

Table 1 T1 and T2 gait data of 6MWT ($n=30, \bar{x} \pm s$)

参数	步速	步频	跨步长	步时				支撑相百分比/%				双支撑相百分比/%				单支撑相百分比/%			
				患侧	非患侧	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	患侧	非患侧	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	患侧	非患侧	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	患侧	非患侧	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
T1	0.90±0.35	106.0±15.5	1.06±0.24	1.20±0.18	1.20±0.19	0.999	<0.01	66.58±3.69	70.14±5.07	3.11	0.003	18.87±2.16	18.94±2.46	0.12	0.907	29.92±5.47	33.21±4.17	2.62	0.011
T2	0.96±0.39	105.4±16.3	1.12±0.33	1.19±0.18	1.19±0.19	0.999	<0.01	66.86±4.24	69.22±4.74	2.03	0.047	17.75±2.26	18.42±2.49	1.09	0.280	30.73±4.69	33.25±3.49	2.36	0.021
<i>t</i> 值	0.63	0.15	0.81	0.22	0.20			0.27	0.73			1.96	0.81			0.62	0.04		
<i>P</i> 值	0.533	0.884	0.424	0.830	0.839			0.786	0.471			0.055	0.419			0.541	0.968		

表 2 Berg 平衡量表与步态参数之间的相关性

Table 2 Correlation between Berg balance scale and gait parameters

步态参数	Berg 平衡量表	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
6MWT	0.695	< 0.001
T1	步频	0.189
	步速	0.682
	步长	0.688
T2	步频	0.137
	步速	0.648
	步长	0.610

3 讨论

本研究表明, 脑卒中患者在 6MWT 测试中开始与结束的步态参数无显著变化, 但患侧的支撑相时长与非患侧存在统计学差异, 而 6MWT 步行距离、步速及步长与临床 Berg 平衡量表之间高度相关。

运动功能障碍是脑卒中患者最常见的功能障碍, 其往往存在步行及平衡能力下降、活动强度受限及有氧耐力降低等情况, 显著限制了患者的日常生活和社会参与能力, 并可能对心理状态产生负面影响^[20-21]。本研究中脑卒中患者 6MWT 结果与既往传统方法测得的脑卒中患者人群步态特征一致^[22-23]。脑卒中患者步态的时空参数表现为显著的卒中步态, 包括步速降低、步长缩小、步频降低、患侧单支撑相降低、双支撑相延长典型特征, 同时步行距离显著降低^[24], 这一结果从侧面证实了惯性步态测试设备

具有一定的可靠性。

6MWT 是评估患者有氧耐力标准的最佳测试之一, 步行距离曲线与其最大耗氧量结果一致。为进一步获取 6MWT 中的信息, 便携式惯性步态设备因其简便易行且较为客观的特性可能是一种有效的补充手段。目前, 研究者已经开发出数种基于惯性传感器的步态分析系统, 这些系统中的惯性测量单元通常包括加速度计及陀螺仪, 根据设计的不同, 其传感器的配置位置可包括实验对象的足背、踝关节或利用鞋垫置于鞋中^[11]。这些步态分析系统将惯性测量单元采集的数据导入电脑或云端进行计算后, 检测出相应的步态事件点, 并最终计算出相应的时间及空间参数^[25-26]。本研究使用的可穿戴式传感器 IDEEA3 是一种便携、成本较低且易于使用的时空步态分析设备^[27]。其准确性及一致性已在早期研究中描述, 与步态分析的金标准视觉动态捕捉系统 (Vicon MX T40-S, Vicon motion Systems, Oxford, UK) 没有区别。

既往步态研究指出, 脑卒中患者的患侧肢体与非患侧肢体之间步态存在统计学差异, 本研究提示, 健侧肢体支撑相与单支撑相均显著高于患侧, 表明在进行重心转移的支撑相阶段, 更依赖于健侧, 与既往使用传统视觉捕捉系统的研究报道一致, 并体现了便携式惯性步态设备在临床应用中的可靠性^[28-30]。此外, 本研究通过 Pearson 相关性分析发现, 应用便携惯性步态设备获得的 6MWT 步行距离、步速及步长与临床 BBS 之间存在高度相关性。BBS 是康复中

使用最广泛的平衡评估工具之一^[19],既往回顾性队列研究发现BBS可以预测脑卒中患者出院后步行改善程度^[31],能否在6MWT中完成>205米的距离更适合判断患者是否具有在社区内步行的能力^[32]。步行速度和步长亦是卒中后患者重要的步态参数,其与步行能力、平衡感及肌肉力量等密切相关,并可作为卒中后预后的独立预测因素。一项前瞻性观察研究指出,步态时空参数的改善与卒中后3个月内患者的平衡感及步行能力改善相关^[33]。本研究中,通过便携惯性步态设备获得的步态数据与BBS之间展现出较好的相关性($r=0.610\sim 0.695$),高于既往部分研究结果^[29-30],再次提示惯性步态设备在6MWT的实际临床环境中具有一定的应用潜能。与传统动态视觉捕捉步态系统Vicon相比,惯性传感器步态设备易于使用且价格较低,患者无需脱衣固定反光Marker,仅需按要求佩戴于鞋面即可进行。考虑到脑卒中患者的运动功能、有氧耐力、步行及平衡能力均低于正常人群,这一简便易行且客观的评估手段可能更适合卒中患者的步态评估。

本研究中脑卒中患者6MWT T1与T2的时空和运动学参数未发生变化,这与既往一些研究不同^[34]。部分研究指出,在6MWT测试期间,患者在开始测试时会由于紧张而导致步态出现变化,在测试末期会由于疲劳而导致步速与足趾离地高度出现降低^[35-43]。导致差异的原因可能是测试前让受试者进行了适应练习,以缓解受试者的心情并熟悉接下来的实验过程。本研究中所有受试者在整个测试期间没有休息,实验设计要求受试者采用自适应步速而非强制性行走,受试者可能未达到高水平的疲劳程度以至于需要休息,这可能是本研究结果与既往部分研究结果存在差异的原因。在未来的研究中可考虑引用Borg PRE或Borg-CR10量表以评估受试者的疲劳程度并探讨其与步态参数之间的潜在联系^[44-47]。

便携式惯性步态设备在脑卒中患者6MWT中可以进行步态参数的评价,其中步行距离、步速及步长与BBS具有良好的相关性。便携式惯性步态设备可能作为评估脑卒中患者步行功能的一种有效补充。

4 参考文献

- [1] WU S M, WU B, LIU M, et al. Stroke in China: advances and challenges in epidemiology, prevention, and management[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(4): 394-405. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30500-3.
- [2] ROELKER S A, BOWDEN M G, KAUTZ S A, et al. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: a review [J]. *Gait Posture*, 2019, 68: 6-14. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.10.027.
- [3] PRICE R, CHOY N L. Investigating the relationship of the functional gait assessment to spatiotemporal parameters of gait and quality of life in individuals with stroke[J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2019, 42(4): 256-264. DOI: 10.1519/JPT.000000000000173.
- [4] 王寒明,杨傲然,王欢,等. 机器人辅助步态训练联合综合康复训练对脑卒中患者步态及生活质量的影响[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(20): 1793-1801. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.20.005.
- [5] DUNN A, MARSDEN D L, NUGENT E, et al. Protocol variations and six-minute walk test performance in stroke survivors: a systematic review with meta-analysis [J]. *Stroke Res Treat*, 2015, 2015: 484813. DOI: 10.1155/2015/484813.
- [6] ENG J J, CHU K S, DAWSON A S, et al. Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion[J]. *Stroke*, 2002, 33(3): 756-761. DOI: 10.1161/hs0302.104195.
- [7] TANG A D, SIBLEY K M, BAYLEY M T, et al. Do functional walk tests reflect cardiorespiratory fitness in sub-acute stroke? [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2006, 3: 23. DOI: 10.1186/1743-0003-3-23.
- [8] MARIANI B, HOSKOVEC C, ROCHAT S, et al. 3D gait assessment in young and elderly subjects using foot-worn inertial sensors [J]. *J Biomech*, 2010, 43(15): 2999-3006. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2010.07.003.
- [9] LEE M, YOUM C, NOH B, et al. Gait characteristics based on shoe-type inertial measurement units in healthy young adults during treadmill walking [J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(7): 2095. DOI: 10.3390/s20072095.
- [10] YEO S S, PARK G Y. Accuracy verification of spatio-temporal and kinematic parameters for gait using inertial measurement unit system [J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(5): 1343. DOI: 10.3390/s20051343.
- [11] NAGANO H, BEGG R K. Shoe-insole technology for injury prevention in walking [J]. *Sensors (Basel)*, 2018, 18(5): 1468. DOI: 10.3390/s18051468.
- [12] 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. 中国脑血管疾病分类 2015 [J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(3): 168-171. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2017.03.003.
- [13] LI H Z, JIA J P, YANG Z Q. Mini-mental state examination in elderly Chinese: a population-based normative study [J]. *J Alzheimers Dis*, 2016, 53(2): 487-496. DOI: 10.3233/JAD-160119.
- [14] MAFFIULETTI N A, GORELICK M, KRAMERS-DE QUERVAIN I, et al. Concurrent validity and intrasession reliability of the IDEEA accelerometry system for the quantification of spatio-temporal gait parameters [J]. *Gait Posture*, 2008, 27(1): 160-163. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.01.003.
- [15] GORELICK M L, BIZZINI M, MAFFIULETTI N A, et al. Test-retest reliability of the IDEEA system in the quantification of step parameters during walking and stair climbing [J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2009, 29(4): 271-276. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2009.00864.x.
- [16] DE LA CÁMARA M Á, HIGUERAS-FRESNILLO S, MARTINEZ-GOMEZ D, et al. Interday reliability of the IDEEA activity monitor for measuring movement and nonmovement behaviors in older adults [J]. *J Aging Phys Act*, 2019, 27(2): 141-154. DOI: 10.1123/japa.2017-0365.
- [17] JIANG Y Y, LARSON J L. IDEEA activity monitor: validity of activity recognition for lying, reclining, sitting and standing [J]. *Front Med*, 2013, 7(1): 126-131. DOI: 10.1007/s11684-012-0236-0.
- [18] ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002, 166(1):

- 111–117. DOI:10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
- [19] DOWNS S. The berg balance scale[J]. *J Physiother*, 2015, 61(1):46. DOI:10.1016/j.jphys.2014.10.002.
- [20] 寇洁, 黄永慧, 张红梅. 老年脑卒中患者自我忽视及社会支持与生活质量的相关性[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2022, 25(5):618–622. DOI:10.12083/SYSJ.220581.
- [21] 刘春凡, 张婕, 李晓雪, 等. 协同式康复干预对老年脑卒中患者功能恢复和生活质量的影响[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2022, 25(2):197–201. DOI:10.12083/SYSJ.220107.
- [22] SHEFFLER L R, CHAE J. Hemiparetic gait[J]. *Phys Med Rehabilitation Clin N Am*, 2015, 26(4):611–623. DOI:10.1016/j.pmr.2015.06.006.
- [23] GOLDIE P A, MATYAS T A, EVANS O M. Gait after stroke: initial deficit and changes in temporal patterns for each gait phase[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82(8):1057–1065. DOI:10.1053/apmr.2001.25085.
- [24] MOUCHEBOEUF G, GRIFFIER R, GASQ D, et al. Effects of robotic gait training after stroke: a meta-analysis[J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2020, 63(6):518–534. DOI:10.1016/j.rehab.2020.02.008.
- [25] FALBRIARD M, MEYER F, MARIANI B, et al. Drift-free foot orientation estimation in running using wearable IMU[J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2020, 8:65. DOI:10.3389/fbioe.2020.00065.
- [26] HORI K, MAO Y F, ONO Y, et al. Inertial measurement unit-based estimation of foot trajectory for clinical gait analysis[J]. *Front Physiol*, 2020, 10:1530. DOI:10.3389/fphys.2019.01530.
- [27] SUN J, LIU Y C, YAN S H, et al. Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis[J]. *Gait Posture*, 2017, 58:319–324. DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.08.009.
- [28] GORDT K, GERHARDY T, NAJAFI B, et al. Effects of wearable sensor-based balance and gait training on balance, gait, and functional performance in healthy and patient populations: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Gerontology*, 2018, 64(1):74–89. DOI:10.1159/000481454.
- [29] ISHO T, USUDA S. Association of trunk control with mobility performance and accelerometer-based gait characteristics in hemiparetic patients with subacute stroke[J]. *Gait Posture*, 2016, 44:89–93. DOI:10.1016/j.gaitpost.2015.11.011.
- [30] MIZUIKE C, OHGI S, MORITA S. Analysis of stroke patient walking dynamics using a tri-axial accelerometer[J]. *Gait Posture*, 2009, 30(1):60–64. DOI:10.1016/j.gaitpost.2009.02.017.
- [31] LOUIE D R, ENG J J. Berg Balance Scale score at admission can predict walking suitable for community ambulation at discharge from inpatient stroke rehabilitation[J]. *J Rehabil Med*, 2018, 50(1):37–44. DOI:10.2340/16501977-2280.
- [32] FULK G D, HE Y, BOYNE P, et al. Predicting home and community walking activity poststroke[J]. *Stroke*, 2017, 48(2):406–411. DOI:10.1161/STROKEAHA.116.015309.
- [33] NORVANG O P, ASKIM T, EGERTON T, et al. Associations between changes in gait parameters, balance, and walking capacity during the first 3 months after stroke: a prospective observational study[J]. *Physiother Theory Pract*, 2022, 38(4):534–542. DOI:10.1080/09593985.2020.1771802.
- [34] AWAD L, REISMAN D, BINDER-MACLEOD S. Distance-induced changes in walking speed after stroke: relationship to community walking activity[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2019, 43(4):220–223. DOI:10.1097/NPT.0000000000000293.
- [35] SIBLEY K M, TANG A D, PATTERSON K K, et al. Changes in spatiotemporal gait variables over time during a test of functional capacity after stroke[J]. *J NeuroEngineering Rehabil*, 2009, 6:27. DOI:10.1186/1743-0003-6-27.
- [36] SALBACH N M, MACKAY-LYONS M, HOWE J A, et al. Assessment of Walking Speed and Distance Post-Stroke Increases After Providing a Theory-Based Toolkit[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2022 Jun 7. DOI:10.1097/NPT.0000000000000406.
- [37] HORNBY TG, PLawecki A, LOTTER J K, et al. Gains in Daily Stepping Activity in People with Chronic Stroke after High-Intensity Gait Training in Variable Contexts[J]. *Phys Ther*, 2022; pzac073. DOI:10.1093/ptj/pzac073.
- [38] LI L, HU C, LEUNG K W C, et al. Immediate Effects of Functional Electrical Stimulation-Assisted Cycling on the Paretic Muscles of Patients With Hemiparesis After Stroke: Evidence From Electrical Impedance Myography[J]. *Front Aging Neurosci*, 2022, 14:880221. DOI:10.3389/fnagi.2022.880221.
- [39] KARANADZE N A, BEGRAMBEKOVA Y L, BORISOV E N, et al. Red cell distribution width as a predictor of impaired exercise capacity in patients with heart failure[J]. *Kardiologia*, 2022, 62(4):30–35. DOI:10.18087/cardio.2022.4.n1813.
- [40] ABDELLATIF Y A, ADDOW H A, ELIAS R R. Myocardial Contraction Fraction is Superior to Ejection Fraction in Predicting Functional Capacity in Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction[J]. *J Saudi Heart Assoc*, 2022, 34(1):15–23. DOI:10.37616/2212-5043.1295.
- [41] TUTTLE M K, KIAI B, VAN MIEGHEM N M, et al. Functional Status After Transcatheter and Surgical Aortic Valve Replacement: 2-Year Analysis From the SURTAVI Trial[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(7):728–738. DOI:10.1016/j.jcin.2022.01.284.
- [42] SATO T, KOBAYASHI Y, NAGAI T, et al. Long-term preservation of functional capacity and quality of life in advanced heart failure patients with bridge to transplant therapy: A report from Japanese nationwide multicenter registry[J]. *Int J Cardiol*, 2022, 356:66–72. DOI:10.1016/j.ijcard.2022.03.044.
- [43] ANKER S D, PONIKOWSKI P, KHAN M S, et al. Responder analysis for improvement in 6-min walk test with ferric carboxymaltose in patients with heart failure with reduced ejection fraction and iron deficiency[J]. *Eur J Heart Fail*, 2022, 24(5):833–842. DOI:10.1002/ejhf.2491.
- [44] COSTA G C, DAL CORSO S, SILVA S M, et al. Validation and reproducibility of the Glitter activities of the daily living test for evaluation of functional capacity after a stroke[J]. *Physiother Theory Pract*, 2022; 1–8. DOI:10.1080/09593985.2022.2029651.
- [45] ZENG X, BALIKUDEMBE J K, LIANG P. Impact of community-based rehabilitation on the physical functioning and activity of daily living of stroke patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Disabil Rehabil*, 2022; 1–12. DOI:10.1080/09638288.2022.2037755.
- [46] BUSK H, HOLM P, SKOU S T, et al. Inter-rater reliability and agreement of 6 Minute Walk Test and 10 Meter Walk Test at comfortable walk speed in patients with acute stroke[J]. *Physiother Theory Pract*, 2022; 1–9. DOI:10.1080/09593985.2022.2030830.
- [47] OKA T, NAKANISHI R, KABUKI T, et al. Appropriate Balloon Pulmonary Angioplasty for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension Improves Right Ventricular Ejection Fraction via Lung Perfusion Scan[J]. *Int Heart J*, 2022, 63(1):91–98. DOI:10.1536/ihj.21-437.