

脑卒中偏瘫患者坐、站过程中下肢对称性与压力中心摇摆的相关性分析

杨凯¹ 李猛² 周鲁星¹ 孟庆华^{1*}

1. 天津体育学院 天津 300000

2. 天津市康复疗养中心 天津 300000

摘要：脑卒中偏瘫患者体位不对称是脑卒中继发偏瘫后最常见的运动缺陷，在坐、站转移过程中由于平衡能力下降，压力中心摇摆速度也会增加，卒中患者要比非卒中患者跌倒的风险更大，那么下肢的对称性对压力中心摇摆是否产生相应关联的影响是本文要探究的主题。目的：探究设计：基于 Visual3D 数据分析软件配合红外动作捕捉系统以及测力台测得的数据进行前瞻性研究。环境：以医院为基础的康复单位。患者：十五例脑卒中偏瘫患者。方法：分别通过两个 Kistler 测力平台和一个 Qualisys 系统 (12 个高分辨率摄像头) 对偏瘫患者进行实验室坐、站测量。偏瘫患者穿戴可识别的 mark 点，在测力台上进行坐、站转移的动作。主要观察指标：坐站转移过程的持续时间、力量上升率；髌、膝、踝关节屈伸力矩的比值；压力中心的摇摆 (cop)、双侧下肢负重的对称性。结果：髌、膝关节屈伸力矩对称性与 COP 面积以及 COP 移动轨迹长呈现负相关，与力量上升率呈现正相关；踝关节屈伸力矩对称性与 COP 面积、轨迹长、力量上升率没有明显的相关性；负重对称性与力量上升率呈正相关。结论：偏瘫患者下肢间的同步对称性的增加减少了 COP 面积增加以及 COP 位移轨迹的增加，并且在坐站过程中增加了力量上升率。

关键词：坐站转移；脑卒中偏瘫；运动学；动力学；下肢对称性；压力中心

1 研究背景与目的

其中坐、站活动是日常活动中最基本的能力，也是评判偏瘫患者运动能力以及后期康复效果等众多评分表中测试动作之一。脑卒中患者在完成坐、站任务的转移过程中由于身体的不对称性会出现身体重心偏向健侧倾斜，导致平衡能力下降，此时就会有更大的可能性跌倒，体位不对称也被认为是中风继发偏瘫最常见的运动缺陷^[1-3]。

研究表明，脑卒中患者的站立不稳定与他们下肢承重的不对称性密切相关，具体来说，这种不对称性会导致站立时摇摆加剧，以及双侧下肢压力中心轨迹的同步性降低^[4]，将人体平衡以数据量化的方法表示即使用测力板测量站立时的姿势摇摆，压力中心 (COP) 摇摆的测量结果揭示了偏瘫患者在完成平衡控制的任务中所面临的挑战与跌倒的风险^[5]。中风患者在坐站转移任务中，双脚自然摆放的状态下运动时的压力中心 (center of pressure, COP) 会偏向健侧肢体，并且在完成前 30% 坐站过程中。每个偏瘫患者病情不同以

及受病情的影响程度也有所不同，所以我们采用自然足位的摆放方式坐起进行测试还原偏瘫患者真实的坐站过程。综上所述，在坐站过程中下肢对称性是否与压力中心摇摆存在着相关联的影响是我们本次实验首要解决的关键问题。

2 方法

本研究共纳入偏瘫脑卒中患者 15 例，男 9 例，女 6 例 (表 1)，卒中患者平均年龄为 55.0 ± 10.5 岁，脑出血 / 脑梗：10/5。所有患者 (经计算机断层扫描证实) 均有一次脑卒中导致偏瘫。患有高血压、糖尿病等疾病的偏瘫患者病情均得到有效控制。所有受试者都没有明显的认知缺陷，能够理解并按照指示独立在座位上站起来。此外，每位偏瘫患者在参与本研究前都签署了关于实验的知情同意书。脑卒中后的平均持续时间为 2.0 ± 1.6 年。所有患者均接受按平时的康复计划完成相应治疗。

3 实验室测量

实验中，参与者坐在与膝盖同高、可调节高度的椅子上，

双脚平放在测力平台上。在听到指令后，他们双手紧握、手臂伸直，以正常速度站立，眼睛注视前方 1.5 米的标志物，并在站立 5 秒后缓慢坐下。实验结果取三次测试的平均值进行分析。实验中，受试者髻后关节所粘贴的 mark 点的 Z 轴的坐标垂直变化进行坐起动作阶段的划分，当 Z 轴坐标从受试者坐位时开始上升趋于平稳高度，不再大幅度波动即动作的完成。通过 V3D 软件读出 GRF，在坐起动作过程中的峰值时的帧数，那一帧其被定义为“seat-off”，由坐位的初始位置到峰值的点即为坐站任务的第一阶段，峰值点往后至 Z 轴坐标平稳阶段即被定义为第二阶段；下肢负重不对称性 (weight-bearing asymmetry,)：由受试者身体全部抬离座椅瞬间患侧下肢与健侧下肢的垂直地面反作用力的比值表示 [6, 7]。公式如下：

$$WB_{ASYM} = VRF_{患侧} \div VRF_{健侧}$$

公式 1

WB_{ASYM} 为 1 时，表示双下肢完全对称。

通过 Visual3D 软件，从受试者脚下的测力台采集垂直地面反作用力 (VGRF) 数据，并进行标准化处理。关节屈伸力矩值 (joint moment)：本研究选取矢状面髋、膝、踝关节力矩的大小进行运算，经受试者身体质量 (Body Mass, BM) 进行标准化。力矩不对称性 (joint moment asymmetry, MASYM)：由抬离瞬间患侧与健侧髋、膝、踝关节屈伸力矩的大小的比值表示 [6, 7]。公式如下：

$$M_{ASYM} = M_{患侧} \div M_{健侧}$$

公式 2

M_{ASYM} 为 1 时，表示患侧与健侧关节屈伸力矩值完全对称。

本研究采用 COP 路径长度、COP 包络面积进行观察，分析病人在坐站转移过程中的稳定性。COP 相关的指标与 X 轴方向、Y 轴方向的力有关，间接的表示了重心的移动，可以评估人体平衡控制的稳定性，具有较高的信度和效度 [8]。

前后动摇径 Y：重心点在 Y 轴前后方向上移动轨迹的最大绝对值，反应个体站立重心纵向移动距离，值越小越稳定。公式如下：

$$LCOPY = MAX_Y - MIN_Y$$

公式 3

左右动摇径 X：重心点在 X 轴左右方向上移动轨迹的最大绝对值，反应个体站立重心横向移动距离，值越小越稳定。公式如下：

$$LCOPX = MAX_X - MIN_X$$

公式 4

4 数据分析

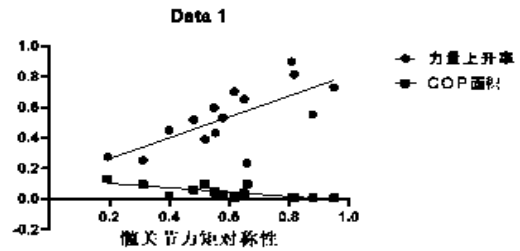


图 1 髋关节力矩对称性分析

髋关节屈伸力矩对称性与 COP 面积 ($r^2=0.5093, p=0.0028$) 以及 COP 移动轨迹长呈现负相关，与力量上升率 ($r^2=0.5058, p=0.003$) 呈现正相关；髋关节力矩对称性越趋近于 1 时，COP 面积越接近 0，力量上升率达到最大值。

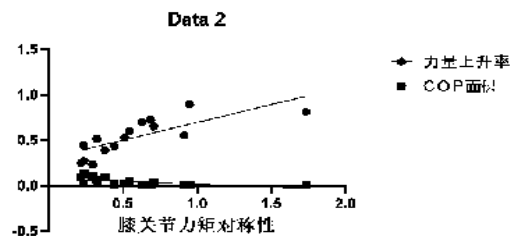


图 2 膝关节力矩对称性分析

膝关节屈伸力矩对称性与 COP 面积 ($r^2=0.2313, p=0.0695$) 以及 COP 移动轨迹长呈现负相关，与力量上升率 ($r^2=0.3319, p=0.0246$) 呈现正相关；膝关节力矩对称性越趋近于 1 时，COP 面积越接近 0，力量上升率达到最大值。

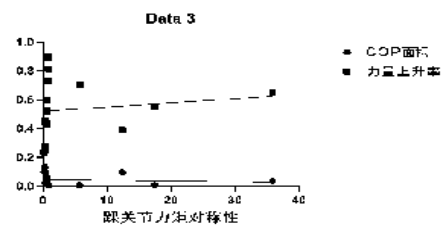


图 3 踝关节力矩对称性分析

踝关节屈伸力矩对称性与 COP 面积 ($r^2=0.01197, p=0.6979$)、轨迹长、力量上升率 ($r^2=0.02088, p=0.6074$) 没有明显的相关性；Julie Lecours^[9] 通过对比健康人和偏瘫患者坐姿、躯干额位、负重和离座时膝关节力矩不对称的交互作用，发现足部状况影响躯干绝对平

移和躯干侧屈，以及负重和力矩不对称性。对于自发的和对称的足部放置，健康对照组的躯干一般保持在中立位附近。其中踝关节的对称性可能受坐站起始动作所摆放的初始位置相关联，从而没有与预期的 COP 摇摆明显的关联性。

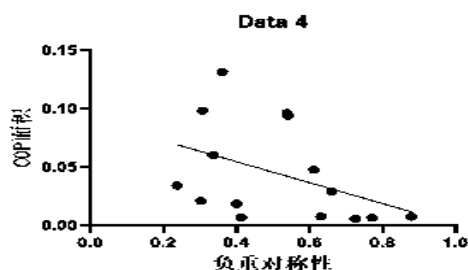


图4 负重对称性与 COP 面积相关性分析

负重对称性与 COP 面积 ($r_2=0.1744, p=0.1214$) 没有明显相关性；脑卒中患者在站立位置压力中心的摇摆与患者健侧下肢负重的不对称性息息相关，在中风个体中，肢体间同步减少与内侧方向姿势摆动增加和负重不对称性增加有关^[4]；这可能是因为我们的仅仅是测得患者在 STS 第一阶段的负重对称性与 COP 面积相对照，Hamaoui 等人认为，在坐站活动发起之前，偏瘫患者身体会发生前倾，使得身体的质心趋近于压力中心，防止在坐起活动中身体过度向前倾斜，增加其身体的稳定性^[10]。

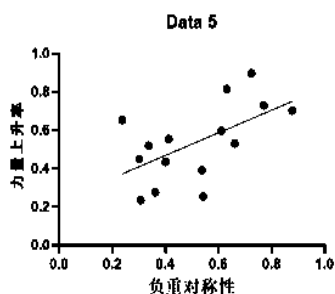


图5 负重对称性与力量上升率相关性分析

负重对称性与力量上升率呈正相关 ($r_2=0.3262, p=0.0262$)；脑卒中患者的患侧下肢负重减会使得健侧下肢承重增加，占据主导地位控制身体的平衡。相较于常人，其双侧下肢承重是均匀分布的，在一侧下肢承重时对侧肢体不会产生多余的摆动，从而两侧肢体稳稳支撑躯体，回到偏瘫患者，在健侧支撑时，患侧会产生多余的摆动，健侧支撑身体的时间延长，这影响了坐站转换的速度。

5 讨论

偏瘫患者下肢同步对称性的增减在一定程度上与负重的对称性的增减相关联，负重能力的可以理解为下肢肌力的外在表现之一，是否可以证明下肢肌肉力量的对称性决定了偏瘫患者下肢运动的同步性。经文献查阅双侧下肢力量差异达到 10-15% 或更大被认为是有所问题的^[11-13]。

回归到此项研究表明，偏瘫患者下肢间的同步对称性的增加减少了 COP 面积增加以及 COP 位移轨迹的增加，并且在坐站过程中增加了力量上升率。同步性降低与在坐站过程中姿势摇摆增加和负重不对称增加有关，从此项我们又推演出双侧下肢肌肉力量对称性与偏瘫患者在坐、站过程中的同步性息息相关，尽管这些关系的临床意义需要进一步研究；增加双侧下肢肌肉力量的对称性的康复策略可能会增加中风后行走的对称性。

参考文献：

- [1] 吴延, 王广玲, 聂作婷, et al. 2022 年版《世界指南：老年人跌倒的预防与管理》解读 [J]. 2023, 26(10): 6.
- [2] RING C, NAYAK U S, ISAACS B. Balance function in elderly people who have and who have not fallen [J]. Archives of physical medicine and rehabilitation, 1988, 69(4): 261-4.
- [3] GEHLEN G M, WHALEY M H. Falls in the elderly: Part I, Gait [J]. Archives of physical medicine and rehabilitation, 1990, 71(10): 735-8.
- [4] MANSFIELD A, DANELLIS C J, INNESS E, et al. Between-limb synchronization for control of standing balance in individuals with stroke [J]. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 2011, 26(3): 312-7.
- [5] TOPPER A K, MAKI B E, HOLLIDAY P J. Are activity-based assessments of balance and gait in the elderly predictive of risk of falling and/or type of fall? [J]. Journal of the American Geriatrics Society, 1993, 41(5): 479-87.
- [6] 黄旭, 孟庆华, 鲍春雨, 等. 中风偏瘫患者坐-站转移过程中的生物力学分析 [J]. 医用生物力学, 2021, 36(03): 479-484. DOI:10.16156/j.1004-7220.2021.03.029.
- [7] LECOURS J, NADEAU S, GRAVEL D, et al. Interactions between foot placement, trunk frontal position, weight-bearing and knee moment asymmetry at seat-off during rising from a chair in healthy controls and persons with hemiparesis [J]. Journal of

rehabilitation medicine, 2008, 40(3): 200–7.

[8] 改良坐 – 站转移训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及平衡能力的影响 %J 中华物理医学与康复杂志 [J]. 2015, 37(10): 4.

[9] SNIJDERS A H, VAN DE WARRENBURG B P, GILADI N, et al. Neurological gait disorders in elderly people: clinical approach and classification [J]. The Lancet Neurology, 2007, 6(1): 63–74.

[10] DUCLOS C, NADEAU S, LECOURS J. Lateral Trunk Displacement and Stability During Sit-to-Stand Transfer in Relation to Foot Placement in Patients With Hemiparesis [J]. 2008, 22(6): 715–22.

[11] GENTHON N, ROUGIER P, GISSOT A S, et al. Contribution of each lower limb to upright standing in stroke

patients [J]. Stroke, 2008, 39(6): 1793–9.

[12] PARKINSON A O, APPS C L, MORRIS J G, et al. The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review [J]. Journal of sports science & medicine, 2021, 20(4): 594–617.

[13] ROHMAN E, STEUBS J T, TOMPKINS M. Changes in involved and uninvolved limb function during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: implications for Limb Symmetry Index measures [J]. The American journal of sports medicine, 2015, 43(6): 1391–8. performance: a systematic review [J]. Journal of sports sciences, 2018, 36(10): 1135–44.

作者简介：

杨凯，（2000–01），男，汉族，山东省泰安市人，硕士，天津体育学院，职位：学生，研究方向：运动生物力学