

目的：本研究选取杨式太极拳中的典型动作“云手”进行分析，获取探讨“云手”动作姿势控制特征的外在表现，提高老年人身体姿势控制能力，预防跌倒。方法：选取60岁以上、经常练习太极拳8年以上的老年人受试者共30名，采用Vicon红外运动捕捉系统采集受试者正常步行和表演太极拳的运动学数据，通过人体重心位移和下肢三个关节角度活动范围等指标对受试者进行量化评定。结果：与正常步行相比，“云手”动作在上下、左右和前后方向上均表现出较小的重心位移，除踝关节的跖屈背伸和内外旋角度活动范围比正常步行显著更大外，髋关节和膝关节角度活动范围一般更小。结论：“云手”可作为一种防止老年人横向跌倒的训练方式，以加强和改善身体稳定性，特别是髋关节、膝关节和踝关节的旋转运动，有利于提高身体姿势控制能力，从而达到良好的健身效果。

# 太极拳典型动作“云手”的运动学分析

高庆<sup>①</sup> 徐培明<sup>②</sup> 孙威<sup>③</sup>

①山东体育学院 ②泰山体育产业集团有限公司 ③山东省体育科学研究中心

## 1 前言

中国人口老龄化现象日趋严重，已经成为我国一个极为严峻的社会问题<sup>[1]</sup>。随之一系列的社会问题突显出来，特别是跌倒引起的老年人运动能力丧失，生活质量下降，甚至危及生命。

老年人跌倒是一种常见的老年综合征<sup>[2]</sup>。世界卫生组织认为跌倒是老年人慢性致残的第三大原因<sup>[3]</sup>，每年大约有30%的65岁以上老年人发生过跌倒。全国疾病监测系统死因监测结果显示，因跌倒死亡是该年龄人群因伤害致死的第一位死因<sup>[4]</sup>。因此，在此背景下预防老年人跌倒已经成为一个亟需解决的社会问题<sup>[5]</sup>。

老年人的姿势控制能力下降是导致跌倒的主要原因之一<sup>[6]</sup>。而侧向平衡控制能力下降导致的侧向跌倒是老年人股骨颈部、髌骨骨折的主要原因。因此，参与适当的体育锻炼是改善老年人身体机能的最好方式之一。太极拳是中国传统的武术运动<sup>[7]</sup>。国内外很多学者研究表明太极拳运动提高老年人平衡和姿势控制能力效果明显<sup>[8-9]</sup>，因此太极拳运动是老年人参与体育活动最适合的运动之一。随着太极拳的普及，学习太极拳的难度对于老年人来讲显而易见，老年人容易混淆动作的概念和全貌，影响了动作技能的掌握，从而练习者的腿部特别是膝关节出现疼痛症状的人越来越多<sup>[10]</sup>。因此，本研究选取杨式太极拳中的典型动作“云手”进行分析，获取探讨“云手”动作姿势控制特征的外在表现，使老年人科学正确地练习太极拳的同时提高身体姿势控制能力，进而达到良好的健身效果，预防跌倒。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

通过走访济南市历城区和历下区内社区、广场和公园的太极拳练习者。选取了年龄在60周岁（65.9±5.21岁）以上，没有身

体和精神方面疾病并且长期练习太极拳的30名老年人作为受试者，其中女性受试者24名，男性受试者6名。受试者杨式太极拳练习年限均在8年（12.7±4.26年）以上，身高161.4±6.11 cm，体重62.6±8.72 kg，并且每周练习次数6~7次，每次练习时间1小时以上。所有实验对象在进行测试前需签署知情同意书。

|     | 总人数 | 年龄（岁）     | 身高（cm）     | 体重（kg）    | 练习年限（年）   |
|-----|-----|-----------|------------|-----------|-----------|
| 受试者 | 30  | 65.9±5.21 | 161.4±6.11 | 62.6±8.72 | 12.0±5.08 |

表1 受试者基本信息详表

### 2.2 仪器设备

Vicon运动捕捉系统。应用有8个高速红外摄像头的Vicon动作捕捉系统（ViconT40, Oxford Metrics, UK）以100 Hz的采集频率对太极拳动作的运动学数据进行采集。根据Vicon测试系统数据库 Plug-in-Gait 体表标记点的位置标准将41个（14 mm）规格的反光球贴在受试者的体表，以便捕捉身体运动中各个身体环节的三维运动轨迹（图1）。



图1 体表标志点位置标准

### 2.3 测试流程

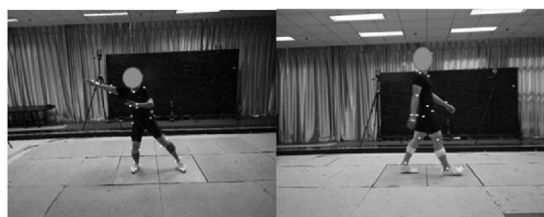


图2 实验测试图

受试者进行热身运动后换上紧身衣,将mark点用双面胶黏贴在受试者解剖学结构上的对应位置。开始前根据受试者步长、步幅选择最适合的太极拳表演起始位置。分别采集受试者太极拳“云手”动作的表演和正常行走的数据,要求受试者保持一个舒适的步伐和步行速度进行正常步态的测试。共计各完成3次以上有效数据采集,实验测试如图2所示。

#### 2.4 数据处理

应用 Vicon Nexus 软件对运动学数据进行四阶低通滤波器,截止频率为8 Hz。应用 Visual 3D 分析软件对滤波后数据进行计算,得到运动学参数:身体重心的位置移动变化、下肢髋关节、膝关节、踝关节三维运动角度及运动幅度。

#### 2.5 测试指标

(1) 身体重心的位置移动。身体重心的合力作用点在运动时所移动的路线。即沿重心位移(COG)在X(左右方向)、Y(前后方向)、Z(上下方向)三个坐标轴方向上的位移。

(2) 下肢髋关节、膝关节、踝关节三维运动角度及运动幅度。关节活动的角度范围是髋关节、膝关节、踝关节分别绕额状轴在矢状面做屈伸运动的活动范围,绕矢状轴在额状面做内收外展运动的活动范围,以及绕垂直轴在水平面做内外旋转运动的活动范围。

#### 2.6 统计学分析

将受试者经数据处理后3次测试数据平均化后取均值。所有测量参数均以平均数(mean)±标准差(SD)表示。利用SPSS统计学软件对研究数据进行分析:应用配对t检验对受试者的“云手”动作步态与正常走步态的运动学数据进行对比分析,显著性水平确定为 $P<0.05$ 。

### 3 研究结果

#### 3.1 人体重心位移范围结果

人体重心移动(COG)在左右方向(X-COG),前后方向的位移(Y-COG),垂直方向位移(Z-COG)。

|      | COG: X (mm)     | COG: Y (mm)      | COG: Z (mm)    |
|------|-----------------|------------------|----------------|
| 正常步行 | 48.50 ± 15.52   | 1142.32 ± 88.81  | 34.77 ± 5.28   |
| 云手   | 25.72 ± 12.80** | 308.36 ± 73.46** | 21.38 ± 8.05** |

表2 太极拳“云手”动作与正常步行重心位移比较(单位:mm)

\*\*表示与正常步行对比具有非常显著性差异( $p<0.01$ )

由表2可知,通过太极拳经典动作跟正常步行的重心位移比较,我们可以发现,太极拳“云手”动作在运动的前后、左右两侧以及上下方向上的重心位移均小于正常走,具有显著性差异( $p<0.01$ )。

#### 3.2 髋关节、膝关节、踝关节角度活动范围结果

| (单位:°) |      | 正常步行(M±SD)   | 云手(M±SD)        | P      |
|--------|------|--------------|-----------------|--------|
| 髋关节    | 屈伸   | 40.57 ± 4.68 | 21.35 ± 8.11**  | <0.001 |
|        | 外展内收 | 11.08 ± 2.18 | 12.16 ± 5.27    | 0.260  |
|        | 外旋内旋 | 12.51 ± 3.70 | 12.37 ± 6.33    | 0.917  |
| 膝关节    | 屈伸   | 66.30 ± 4.97 | 32.99 ± 8.39**  | <0.001 |
|        | 外展内收 | 8.83 ± 3.20  | 7.81 ± 4.88     | 0.274  |
|        | 外旋内旋 | 8.85 ± 3.23  | 6.10 ± 3.45*    | 0.012  |
| 踝关节    | 跖屈背伸 | 28.55 ± 4.19 | 36.03 ± 12.01** | 0.002  |
|        | 外翻内翻 | 17.15 ± 4.74 | 7.30 ± 3.56**   | <0.001 |
|        | 外旋内旋 | 8.79 ± 2.25  | 11.04 ± 3.30**  | 0.004  |

表3 太极拳“云手”动作与正常步行下肢角度活动范围的比较

\*表示与正常步行对比具有显著性差异( $p<0.05$ ), \*\*表示与正常步行对比具有非常显著性差异( $p<0.01$ )

表3列出了太极拳“云手”动作与正常步行过程中髋关节、

膝关节和踝关节的活动范围的均值和标准差。“云手”动作过程中髋关节处的屈伸活动范围明显小于正常步行( $p<0.01$ ),在膝关节处的屈伸和外旋内旋活动范围小于正常步行( $p<0.05$ ),在踝关节处的屈伸和外旋内旋活动范围均明显小于正常步行( $p<0.01$ ),而在踝关节处的外翻内翻活动范围大于正常步行( $p<0.01$ )。

### 4 讨论

#### 4.1 “云手”动作的运动学讨论分析

太极拳动作重心较低的特点使身体维持平衡充满了难度,而“云手”动作是侧向运动,则可以帮助老年人提高在侧身体位姿势中保持平衡和稳定的能力,虽然太极拳运动涉及许多上肢和躯干的运动,但腿部运动为平衡和稳定提供了基础。“云手”动作为左右侧向移动,练习“云手”动作时,显而易见人体前后方向移动会更小,由于太极拳动作要求身体重心下沉且动作舒缓而轻柔<sup>[11]</sup>,所以左右方向的重心位移比正常步行也较小,则通过下肢关节的运动变化幅度和腿部肌肉力量来保证动作正常进行。由于受试者是专业而经验丰富的太极拳练习者,所以身体在垂直方向上的重心保持较好,太极拳动作讲究“头顶一碗水”,在表演太极拳动作时使头部保持平稳,重心起伏小,要求“碗里的水不能洒落”<sup>[12]</sup>。这些现象间接表明太极拳练习者需要保持均匀呼吸,心无杂念。因而,太极拳练习是能够净化内心,抒发内心情感,保持心情平静,体现了太极拳修心养性的真谛<sup>[13]</sup>,显示出太极拳运动的潜在价值。

与髋关节和膝关节相比,需要更多的踝关节活动来完成“云手”动作。踝关节的跖屈背伸的角度活动范围和正常步行相比更大,因为太极拳动作特点轻柔的特点,由一侧脚尖先触地再过渡到全脚掌,随后另一侧腿跟随移动。在此过程中,踝关节内外旋活动角度比正常步行更大,为了让身体更稳定保持站立,在脚触地和离地的时刻需要踝关节的内外旋活动。而内外翻活动角度比正常步行小,由于“云手”动作是侧向运动,膝关节和髋关节的外展角度范围的变大使踝关节的内外翻活动减小,之所以髋关节和膝关节在额状面角度变化和正常步行无显著性差异,可能是因为“云手”动作一直处于“半蹲”状态,从而使得髋关节和膝关节的活动范围在一定区域保持恒定。也正是这些原因,髋关节和膝关节的屈伸活动角度变化较正常步行显著更小。

日常生活中出现的单脚站立、直行避让、弯道行走、斜坡支撑等活动增加了老年人侧向姿势控制的难度<sup>[14-16]</sup>,上述活动中身体质心的不当移动将改变老年人侧向姿势控制的策略,而可能诱发跌倒的发生<sup>[17]</sup>。而根据王少军等<sup>[18]</sup>理论研究发现,设计提高老年人髋关节外展肌肉力量和关节旋转的关节幅度的训练,增加有目的的主动侧向迈步可能会提高老年人侧向姿势控制能力,文中还提到太极拳干预可能会提高老年人的侧向姿势控制能力。因此,太极拳中“云手”动作的练习可能增加老年人侧向姿势的挑战,并对于下肢三个关节的训练又比较突出。前人研究表明,侧向跌倒的原因还与本体感觉、躯体的活动度等因素有关,而“云手”是目前来讲最适合老年人的提高姿势控制能力的较为安全的一项运动。

综上所述,太极拳典型动作之“云手”,是一个整体表现轻柔而缓慢<sup>[19]</sup>,注重上下肢协调性和关节保护性的太极拳动作。而杨式太极拳又是在太极拳派别中比较传统的一类,其具有舒

展优美、动作和顺、柔和朴实的特点，与其他太极拳种类相比，动作难度较小，适合体力较弱的老年人练习。对老年人提高体质健康水平，特别是在预防横向跌倒方面提供参考意义。

#### 4.2 本研究存在的局限性与后期展望

本研究存在一定的局限性。研究结果是基于一组健康的受试者，他们的太极拳步态生物力学特征可能不同于其他受试人群，如高龄人群或有神经肌肉骨骼问题的人群。

#### 5 结论

本研究针对太极拳典型动作中“云手”进行了身体重心位移和下肢三个关节角度的三维运动学分析，而这个典型太极拳动作代表了侧向移动步态。与正常步行相比，“云手”动作在上下、左右和前后方向上均表现出较小的重心位移，除踝关节的跖屈背伸和内外旋角度活动范围比正常步行显著更大外，髋关节和膝关节角度活动范围一般更小。因此，“云手”可作为一种防止老年人横向跌倒的训练方式，以加强和改善身体稳定性，特别是髋关节、膝关节和踝关节的旋转运动，有利于提高身体姿势控制能力，从而达到良好的健身效果。

#### 【参考文献】

- [1] 刘平. 人口老龄化对中国经济增长的影响研究[D]. 山东大学, 2013
- [2] 顾敏华, 宋佳, 王雯晶, 等. 老年综合症的评估现状及展望[J]. 上海护理, 2016, 16(5)
- [3] 张晓先. 有跌倒史老年人的心理特点及护理干预[J]. 实用医技杂志, 2016, 23(3)
- [4] 全国疾病监测系统死因监测数据集[M]. 2010
- [5] 王慧. 城市失能老人长期照护服务问题研究[D]. 湖南师范大学, 2012
- [6] 刘崇, 阎芬, 曹冰, 等. 运动延缓老年人平衡能力下降的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24(7)
- [7] 邱伟斌. 老年人24式太极拳经典动作的运动学与动力学分析[D]. 山东体育学院, 2017
- [8] 孟站领, 张庆来. 习练太极拳对老年人姿势控制能力的影响研究. proceedings of the 第二届全国运动生物力学学术交流会论文摘要汇编, F, 2018 [C]
- [9] 杜龔. 太极拳与慢走运动对中老年人跌倒风险影响效果的研究[D]. 北京体育大学, 2016
- [10] 陈青, 王宗兵, 龚云. 中、老年人太极拳健身运动处方[J]. 中国体育科技, 2003, 39(5)
- [11] 朱晓庆, 黄敬. 探索分析太极拳运动的中医理论[J]. 文体用品与科技, 2014, 18
- [12] 肖安发. 我看太极拳的虚领顶劲[J]. 少林与太极, 2011, 1
- [13] 侯松华. 从太极拳看修心养性[J]. 健身科学, 2009, 6
- [14] ACASIO J, WU M M, FEY N P, et al. Stability - Maneuverability Trade - Offs during Lateral Steps [J]. 2016, 52
- [15] RUI X, XIN W, YANG J, et al. Comparison of the COM - FCP inclination angle and other mediolateral stability indicators for turning [J]. Biomedical Engineering Online, 2017, 16(1)
- [16] LEE S Y, PARK S Y. The study of trunk and pelvic movement on mediolateral ramps of various ramp angles during one - legged standing[J]. Journal of Exercise Rehabilitation, 2017, 13(4)
- [17] ROBINOVITCH S N, FELDMAN F, YANG Y, et al. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long - term care: an observational study[J]. Lancet, 2013, 381(9860): 47 - 54
- [18] 王少君, 苏丽娜, 徐冬青. 老年人侧向姿势控制的国内外现状研究[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 8
- [19] 徐剑波, 李政, 李秀. 杨式太极拳“云手”动作要领剖析[J]. 中国学校体育, 2000, 4

基金项目：国家自然科学基金课题“太极拳运动预防老年人跌倒的神经力学机制及计算机仿真研究”，课题编号：31700815。

通讯作者：孙威（1984-），男，博士，就职于山东省体育科学研究中心，研究方向为运动生物力学。

（上接151页）措施。

任务4：高速铁路牵引变（配）电所维护与检修。

学习情境4：高速铁路接触网系统认知与维护。

引导学生根据一系列实例演示及项目任务，掌握高速铁路接触网支柱、支持装置、定位装置、绝缘装置与补偿装置、接触网线索、锚段关节及中心锚节，分段、分相绝缘器等接触网主要设备的维护及检修要点，掌握高速铁路接触网系统运行管理、安全管理，掌握高速铁路接触网的监控与保护系统；掌握高速铁路接触网系统应急处置措施。

#### 3 课程考核

课程考核以过程考核与终结性考核相结合的方式，以过程考核为主要考核方

式，平时过程性考核占70%，其中平时课堂表现占20%，50%为过程考核成绩，期末考试占30%。这样一来，让学生重视平时学习过程，将学习过程中对知识和技能的掌握重视起来。过程考核采用理论和实做相结合的方式，理论考试结合技能鉴定要求，实作考核直接使用技能鉴定实做项目，在学习过程中兼顾了技能鉴定要求。

#### 4 结语

通过“高速铁路供电”课程教学改革，每位学生都系统的将高速铁路供电设备进行了学习，并且在学习过程中结合技能鉴定要求，结合高铁供电系统实际，学生毕业后能够较快适应企业要求，快速融入到具体工作中。

#### 【参考文献】

- [1] 王语园. 铁道供电技术《认识实习》课程教学改革[J]. 内江科技, 2019(08): 151
  - [2] 王语园, 解晨. 《接触网识图与施工》课程教学改革与实践[J]. 内江科技, 2019(10): 152 - 153
  - [3] 刘杏红. 电工技术与电子技术课程教学方法的改革实践[J]. 计算机产品与流通, 2019(01): 80
  - [4] 王语园, 毛晓姝. 《电工技术应用》双语教学改革与实践[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(31): 138
- 基金项目：1、2019年陕西高等教育教学改革研究项目（19ZY021）；2、陕西铁路工程职业技术学院教育教学改革基金项目（2018JG-08）。