

The effect of vision on walking gait

Lu Ni^{1,a}, Wang Jun^{1,b,*}, Yang Jianke^{1,c}, Zhou Xinglong^{2,d}

¹Yunnan agricultural university, School of physical education, Kunming, China.

²Beijing Sport University, School of Human Sport Science, Beijing, China.

^a418447726@qq.com, ^b158291721@qq.com, ^c1549860392@qq.com, ^dbsuonline@126.com

*Corresponding author

Keywords: vision, gait, kinematics, dynamics.

Abstract. This study reviews the research on visual and motor, visual impairment and walking in China and abroad. The effects of vision on the dynamics of gait (peak pressure distribution, impulse and plantar contact area) and kinematics (step length, step frequency and step speed) were discussed. It is hoped that it can help the visual impaired people and healthy people in the absence of visual assistance, and provide some theoretical basis for the design of walking assistive devices for the visual impaired groups.

视觉对行走步态的影响

鲁妮^{1,a}, 王钧^{1,b,*}, 杨健科^{1,c}, 周兴龙^{2,d}

¹云南农业大学体育学院, 昆明, 中国

²北京体育大学运动人体科学学院

^a418447726@qq.com, ^b158291721@qq.com, ^c1549860392@qq.com, ^dbsuonline@126.com

*通讯作者

关键词: 视觉; 步态; 运动学; 动力学

中文摘要. 本研究通过对国内外视觉与运动、视觉障碍与步行相关研究现状的进行综述, 探讨视觉对行走时步态的动力学(峰值压力分布、冲量和足底接触面积)和运动学(步长、步频、步速)参数的影响, 以期帮助视障者及健全人在失去视觉辅助的情况下维持正确步态, 并为视障者行走辅具的设计提供一定的理论依据。

1. 引言

行走是人在生活和工作中最为重要和基本的运动形式之一。身体平衡的维持是行走活动得以实现的前提, 所以, 步行中身体的平衡和双足的都起着非常重要的作用。人在行走时, 只有部分的足底与地面接触, 足底承受了由体重对地面冲击而产生的反作用力。足底所承受的压力情况可以借助一些专门仪器来进行测量, 而足底压力的分布可以反映出人的下肢, 甚至全身的机能状况。

一些由神经系统疾病造成的四肢不协调、肌肉力量分布不均和下肢运动系统疾病, 包括先天畸形、骨折、肌肉损伤等都会影响行走中的足底压力分布, 甚至人精神状态改变也会引起其行走中的足底压力分布情况发生改变。

1.1 步态分析

步态是指人或动物通过肢体运动并前进的一种周期性的形式和样子。步态分析 (gait analysis) 是一种针对这种运动的相对系统的研究, 研究涵盖了时空参数、理学参数以及一些生理学参数。随着社会经济和科学技术的发展, 不仅是正常人, 肥胖、视障、肢残人群的步态分析工作也开展得越来越多。高速摄影仪、力学传感器、计算机等组成的综合步态分析系统可以将大部分外界干扰排除, 可对人在行走时的空间位移、移动速度和加速度、关节折叠程度和速度、足底承受的压力以及不同区域的压力情况等在同一时间进行记录和分析, 得出人行走的完整的运动信息。

1.2 视觉对行走的辅助作用

感觉在体育运动中具有非常重要的意义, 而所有感觉中, 视觉在学习和完成运动技能的各环节中, 能够接受输入的光信号继而产生相应的动作反应。视觉不仅能够帮助人体判断和感知运动中身体或身体环节与运动器材的相对位置、运动物体大小、颜色、远近及运动速度等变化, 还能协助维持身体的平衡、协调躯体的运动。

视觉障碍指的是: 先天或后天原因导致的视觉器官(眼球视觉神经、大脑视觉中心)构造或机能发生部分或全部的障碍, 对外界事物的视觉辨识受到严重影响。视觉障碍者与视觉正常的人相比, 他们所处的周围环境更关乎生命安全。视觉障碍对人在行走中的身体、心理都会产生不同程度的限制和影响, 表现为视障者在不同的外界环境中自我控制能力发生改变。有研究发现蒙住视觉正常的受试者的双眼, 他们在行走中双足的足底压力分布与正常睁眼行走时一样, 都存在区域差异; 受试者在蒙眼后, 行走中的足底峰值压力在不同区域间的差异较睁眼行走时更为明显, 左右两足均呈现出以下特点: 峰值压力均为靠左的方向增大, 靠右的方向减小。

2. 步行的运动学参数

人的运动可根据是否存在循环往复的时间特性分为两类: 周期性动作和非周期性动作, 而步行则是典型的周期性的动作。根据腿部动作的特征, 可以将步行的一个周期分为支撑相和摆动相。

2.1 步态周期

以一侧足跟两次着地之间的过程为步行的一个周期, 一个步行周期中, 双足都经历了与地面接触的支撑相和离地的摆动相。

2.2 支撑相和摆动相

支撑相为足接触地面并承受重力的时相, 占整个步行周期的60%。支撑相中又有两种情况: 一足接触地面而另一足离地(单支撑), 双足同时接触地面(双支撑)。在竞走项目中, 要求两足必须与地面轮换接触, 不能有腾空阶段。所以行走中是不出现双足同时离地的情况的, 这也是区分跑和走的一个关键。

2.3 步长

步长为两足相邻着地点之间的距离, 可以用行走中一测足跟至另一侧足跟的距离来计。跨步长又叫步幅, 指同一侧足跟(或足尖)前后连续两次着地点间的直线距离, 相当于一个步行周期中的两个步长相加, (图2)。步长与身高显著相关。

2.4 步频

步频是指行单位时间内行走的步数(通常以每分计)。步长与步频及身高等因素有关。

2.5 步速

步速是行步的速度。正常成年人的步速一般的是1.5m/s。步速= (步长*步数) / 时间。

3. 步行的动力学参数

3.1 峰值压力分布

峰值压力是指行走中所有的力学传感器测试到的压力的最大值。行走中一侧足跟着地时会出现压力的最大值，随后的过程中，足与地面的接触面积逐渐增大，压力向各足部分区分散，足跟压力逐渐减小至足跟离地。在足底压力曲线中，尖峰处的压力值即为峰值压力，体现的是一个完整的步态周期中足底受到的地面最大的反作用力。

3.2 冲量

物理学中，冲量描述的是一个过程，描述的是力对某一物体作用的时间累积效应，这个力可以是变化的力。在一个步态周期中，足底所受到的力正是随肢体运动而变化的力，变化的足底压力的作用对时间积累的效果就是我们在步态分析中所说的冲量。

3.3 足底接触面积

足底接触面积是在行走过程中，受试者足底的各个分区与测力面板接触的面积，这个指标可以反映维持足弓的周围肌肉和韧带的情况。

4. 视觉对行走步态的影响

在健全人的体育运动中，视觉的辅助作用对运动技能的学习和特定动作的完成至关重要。视觉信息的有效输入以及大脑处理信号的正确表达都需要视觉作为前提。人体感知人与运动器材的位置，判断运动状态的变化，维持身体的平衡、协调躯体的运动都是需要视觉作为辅助的。视觉障碍者由于视觉的缺失或受损在生活中经常遇到各式各样的难题，他们往往需要外界提供指引才能安全地行走。视觉障碍对步行者的身体，心理都会产生不同程度的限制，通过对其行走环境的控制和其在行走环境中自我控制的能力可以提高视障者独自行走安全指数。

研究发现，正常人在行走时双足足底压力的分布在不同分区有大小上的差异。若让正常人蒙眼后再行走，其足底峰值压力在不同分区间的差异比正常睁眼行走时更为明显，且双足的峰值压力向靠左的方向增大，靠右的方向减小[1]，显示在失去视觉辅助的情况下，正常人行走中的足底压力中心会向左转偏移。

4.1 步长、步频、步速

在以往的研究中，步态周期中的速度、加速度很少被作为步态分析的研究重点，随着计算机科技的不断发展，图像处理技术也越来越强，自动人体步态运动跟踪系统得以建立，步态的运动学分析开始向实用化方向发展。

Ibarak和Nakamura T[2]进行了一项研究，采用运动分析系统对男性视障人士进行了步态分析，15名短期内丧失视觉者（36-54岁，平均44.3岁），15个先天失明者（39-48岁，平均43.8年）和15个视力正常者（40-50岁，平均44.4岁），让受试者在平地正常行走10米。研究发现：短期内丧失视觉者和先天失明的人与正常视力者相比有显著较缓慢的步行速度、较短的步幅和步态周期内更长时间的支撑阶段。而且，短期内失明者和先天失明者相比，也出现了以上结果。此外，短期内失明的人的步态显示出一种向与先天失明者的步态模近似的发展趋势。

4.2 足底压力

国内外对足底压力的研究主要集中在步态分析、运动鞋设计和足病诊疗几个方面。在体育运动领域，根据运动员足底压力分布情况定制个性化运动鞋已经有多年历史了。在临床医学领域，利用足底压力来进行步态分析已经成为疾病诊断及康复效果评价的重要手段。平板测力台足底压力测试系统能检测行走时的足底各区的峰值压力、冲量和足底接触面积等动力学参数，二维常速摄像能获得步长、步速、步频等时空参数，利用它们就可以进行相对全面的步态分析。

国内足底压力的研究是近20年来才逐渐开展的，也已取得了不少成果[3]。学者汤荣光在1994年[4]使用Musgrave平板系统以30名正常中国人为研究对象，分别测试了其赤足站立、行走和奔跑三种状态的足底压力情况，他将受试者足底划分为7个分区，测试后发现受试者左右两足的峰值压力没有明显差异。近十年之后，毛宾尧[5]等人使用F-scan步态分析仪通过对53名正常人的测试，建立了正常人站立、行走的足底压力分布的数据库；发现人体重心的运动轨迹与人足的内侧纵弓相一致。袁刚[6]等人使研究的样本量扩大至158人，使用自行研制的测量仪，发现中国人足底压力与其他种族相比，存在人种和民族上的差异，且两性差异不显著。

国外一些发达国家很早就开始了足底压力的研究，积累了大量参数。Morag[7]等通过对55名健康受试者行走时的足底峰值压力和足底8个分区数据的采集，建立了一个能够预测足底峰值压力的模型，以期对足病高风险病人提供较为准确的足病预测评估方案，降低其后期足病的严重程度。Bryant[8]等通过研究发现：病人静态X线片形态测量的参数与足底的动态峰值压力分布无关。Bertsch等人发现儿童足部纵弓的发育使得足的负重减小，其体重和足长的比值与成人基本一致，且儿童足底压力分布情况与成人大致相同。Kernozek通过比较老年人和青壮年人的足底压力，发现老年人的退行性变化对足底压力的影响减小。Birtane等研究了肥胖人群和正常人群体重指数与其足底接触面积的相关性，发现体重指数越大的人，其足底接触面积越大，而与足底大部分区域的压力与体重指数无关。

在国内，对于视觉缺失的正常人行走中足底压力变化的研究还较少。宋伟等人[1]用比利时Foot scan足底压力测试系统测量了14名正常人(21~26岁)睁眼和蒙眼状态下行走的动态足底压力，首次探究了视觉对行走时足底压力的影响，发现正常人蒙眼行走时双足对应区域的峰值压力差异较正常睁眼行走时更为显著，且压力中心向左偏移。Hallemans Ann研究了视力低下对步态的动态稳定性的影响，结果表明：即使在一个整洁的环境里，视力也是运动控制中重要的部分。以上研究为足底压力分析的多学科交叉研究提供了很好的启示。

5. 结束语

对视觉异常者或视障者的足底压力分布状况和步长、步速和步频进行测量与分析，对帮助视障者及健全人在失去视觉辅助的情况下维持正确步态以安全行走具有十分重要的意义，可为视障者行走辅具的设计提供一定的理论依据。

References

- [1] Song Wei, She jin, Yang Yang, et al: Effects of vision on foot pressure in walking. Chinese rehabilitation theory and practice. Vol. 13(10) (2007), p. 994-995.
- [2] Nakamura T: Quantitative analysis of gait in the visually impaired. Disability & Rehabilitation. Vol. 19(5) (1997,), p. 194-197.
- [3] Wang Mingxin, Yu guanghua, Chen Yanxi, et al: Normal Chinese adult foot pressure analysis Chinese orthopaedic surgery journal. Vol. 16(9) (2008), p. 687-690.
- [4] Tang Rongguang: The determination of the static and dynamic pressure distribution of the normal body. Journal of Chinese biomedical engineering. Vol. 2 (1994), p. 175-177.

- [5] Mao Binyao, Jia Xuewen, Zheng Feirong, et al: Study on the distribution of foot pressure in walking and standing. *Chinese orthopaedic surgery journal*. Vol.10(12)(2002), p. 1211-1213.
- [6] Yuan Gang, Zhang Muxun, Wang Zhongqin, et al: Analysis of the pressure distribution and its influencing factors in normal people. *Chinese journal of physical medicine and rehabilitation*. Vol. 26(3) (2004), p. 156-159.
- [7] Morag E, Cavanagh P R: Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *Communications in Nonlinear Science & Numerical Simulations*. Vol. 32(4) (1999), p. 359-370.
- [8] Bryant A, Tinley P, Singer K: Radiographic measurements and plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *The Foot*. Vol. 10 (1) (2000), p. 18-22.