

文章编号:1004-7220(2015)04-0361-06

用便携式步态分析仪评估全髋关节置换术手术效果

张昊华¹, 闫松华^{2*}, 方沉^{2a}, 张宽²

(1. 北京积水潭医院 矫形骨科, 北京 100035; 2. 首都医科大学 a. 生物医学工程学院,
b. 临床生物力学应用基础研究北京市重点实验室, 北京 100069)

摘要: **目的** 通过比较全髋关节置换(total hip arthroplasty, THA)病人手术前后的步态变化,评估 THA 手术和康复效果。**方法** 应用 IDEEA 便携式步态分析仪(MiniSun 公司,美国)测试 7 例 THA 患者手术前以及手术后 25 周自然行走时的步态,获得单腿支撑(single leg support, SLS)和双腿支撑(double-leg support, DLS)时间、SLS/DLS、跨步长、落腿强度等步态参数,并采用 SPSS 16.0 和 Excel 2010 对数据进行统计学分析。**结果** THA 患者术后健侧腿 SLS 比术前明显下降($P < 0.05$);半数以上 THA 患者患侧腿 SLS 术后比术前降低,健侧腿 DLS、SLS/DLS 术后比术前明显下降,患侧腿术后落腿强度比术前增加。**结论** 健侧腿 SLS 可作为评估 THA 手术效果的一个敏感性指标。应用便携式步态分析系统定量反映受试者的步态,是一种无创、可方便用于临床评估手术效果的方法。

关键词: 全髋关节置换; 步态分析; 康复

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2015.04.361

To evaluate the operation effect of total hip arthroplasty with portable gait analyzer

ZHANG Hao-hua¹, YAN Song-hua^{2*}, FANG Chen^{2a}, ZHANG Kuan² (1. Department of Orthopaedic Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; 2. a. School of Biomedical Engineering, b. Beijing Key Laboratory of Fundamental Research on Biomechanics in Clinical Application, Capital Medical University, Beijing 100069, China)

Abstract: **Objective** To assess the surgical and rehabilitation effects of total hip arthroplasty (THA) through comparing changes of gait parameters in patients before and after THA. **Methods** The gaits of 7 THA patients during their natural walking before THA and in the 25th week after THA were tested by using a portable gait analyzer (IDEEA, MiniSun, USA). The gait parameters including single limb support (SLS) time, double-limb support (DLS) time, SLS/DLS, stride length, foot fall strength were collected for statistic analysis by SPSS 16.0 and Excel 2010. **Results** The SLS of the healthy leg after THA significantly decreased ($P < 0.05$); for the majority of THA patients, the SLS of the diseased leg decreased, the DLS and SLS/DLS of the healthy leg also decreased obviously, while the foot fall strength of the diseased leg increased after THA. **Conclusions** The SLS of the healthy leg can be used as a sensitive parameter to evaluate the operation effect of THA. The portable gait analysis system can quantitatively reflect the subject's gait, thus it is a non-invasive and convenient method of evaluating the operation effect in clinic.

Key words: Total hip arthroplasty (THA); Gait analysis; Rehabilitation

收稿日期:2015-01-09; 修回日期:2015-03-19

基金项目:北京市自然科学基金项目(7152018),北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(CIT&TCD201404177),北京市教育委员会科技计划重点项目(KZ201310025010),高等学校博士学科点专项科研基金项目(博导类)(20121107110018),国家自然科学基金基金项目(31170900)。

通信作者:张宽,教授,博士研究生导师, Tel:(010)83911806; E-mail:kzhang@ccmu.edu.cn。

* 为共同第一作者

人工关节用来替代已经破坏和失去功能的人体关节,将已经失去功能的关节加以修整,使其重新获得功能,达到缓解疼痛、稳定关节、矫正畸形和改善关节活动的目的^[1]。人工关节置换是晚期下肢关节疾病的主要治疗方法,对提高患者生活质量具有极为重要的意义。但综合目前临床随访情况来看,长期以来医生通常只是通过观察患者活动情况并结合影像学结果判断患者术后的改善程度,从而评价手术效果,这种评价方法的主观性较大。而针对步行运动中神经肌肉骨骼系统与运动功能客观精确的评估方式较为缺乏^[2],目前尚无一种有效、定量的评估方法来评定手术的整体效果及手术后患者的恢复情况,从而指导下一步有针对性的康复锻炼。

目前 Harris 评分表被广泛应用于临床上对全髋关节置换(total hip arthroplasty, THA)手术效果的评估^[3-4]。髋关节 Harris 评分表满分为 100 分,评分指标包括疼痛(44 分)、功能(47 分)、畸形(4 分)、关节活动度(5 分)。总分 > 90 分为优,80~99 分为良,70~79 分为中,70 分以下为差。常德寿^[5]对 18 例因髋臼发育不良伴骨性关节炎行 THA 手术的患者应用 Harris 评分表进行评价,术前 Harris 评分 30~65 分,平均 40 分;术后 Harris 评分 60~95 分,平均 85 分,与术前相比有显著差异,故认为 THA 是治疗髋臼发育不良伴骨性关节炎的良好方法。

另外,在临床骨科上,步态分析已经被广泛运用于骨骼肌肉系统疾病的诊断以及治疗的规划与评估,患者步态参数与正常值的偏差程度提示了病情的严重程度,可以作为术前、术后评定骨科患者疾患程度和治疗效果的定量指标。但目前步态参数的识别面临着许多问题,尤其在临床上。步态实验室三维动作捕捉系统(motion capture system)结合力平台是目前公认的步态分析的金标准,但是其造价昂贵、使用复杂和繁琐、需要多名实验人员以及进行多次重复试验和大量冗余数据处理(结果反馈慢),而且采用几秒和几步内得到的数据反映一个人在日常生活中真实的运动能力和功能,一直备受诟病。同时,由于患者体力有限及经常伴有肢体疼痛,他们很难步行到离诊室或病房较远的步态实验室。这些问题使得传统的步态分析方法和难以在医院里被医生广泛接受和使用,故便携式步态测量方法和仪器的研发需求迫切。科研人员开始尝试使用加速

度仪、陀螺仪、力传感器等研究便携的步态测量方法和仪器^[6-15],但是这些便携式仪器基本只能识别个别的时空参数,远远无法满足临床需求。为此,本研究应用美国 MiniSun 公司生产的便携式步态分析系统 IDEEA (Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity)对 THA 病人的步态进行分析比较,以期能为医生临床手术和患者康复提供一定的科学依据。

1 研究对象与方法

1.1 实验对象

2012 年 9 月~2013 年 6 月北京市积水潭医院收治的 THA 病人共 7 例。其中男 2 例,女 5 例;年龄 35~62 岁,平均 51.1 岁;身高 154~170 cm,平均 163 cm;体重 54~85 kg,平均 69.4 kg。在患者知情同意的前提下,对其术前及术后 25 周的步态数据进行采集。所有受试者均无严重心脏病、肾病史,无帕金森或老年痴呆等疾病,精神状态好,术后能够按要求到医院复查。

1.2 实验仪器

应用多传感器的便携式步态分析仪 IDEEA3 (MiniSun 公司,美国)进行步态测试。便携式步态分析仪由 1 个主机、2 个脚机和 5 个肢体微型传感器组成^[16]。传感器的佩戴位置为:胸骨角下方、双侧大腿前侧中央、双侧踝关节侧方、双侧足底第 4、5 跖骨之间(见图 1)。通过粘贴在双大腿、双足和胸骨上的三维加速度传感器采集步态数据,并即时无线传输至腰部的主机,受试者配带方便,对行走无任何干扰。测试系统测量加速度(落腿强度、摆腿强度)的精度高于 99% (即误差 < 1%);测量步数的精度高于 99%;测量步频的精度高于 98%;测量步速的精度:正常人高于 97%,病人高于 95%;测量步长的精度为 3 cm。

1.3 测试方法

跑道上铺 20 m 的方格子地板,受试者首先佩戴 IDEEA 并启动。受试者于跑道上自由行走以适应环境。实验开始后,受试者以自己平时行走的速度在 20 m 路径上走 1 个来回(约 40 m)。数据采集结束,将 IDEEA 内的数据导入计算机中。IDEEA 测试结果由专门分析软件 GaitView 3.8 (MiniSun 公司,美国)进行计算。



图1 受试者便携式步态分析仪佩戴方法示意图
 Fig.1 Schematic diagram of the subject wearing IDEEA

1.4 测试指标

应用便携式步态分析仪获得的指标包括单/双足站立时间、步长、步幅、步频、步速和膝关节角度等运动学指标,落腿强度、摆腿强度等动力学指标。主要采取下列5个指标对受试者THA术前、术后的步态进行比较分析。①单足支撑(single limb support,

SLS)时间:只有1条腿与地面接触,它以对侧足跟着地为标志而结束;②双足支撑(double-limb support time, DLS)时间:一侧足跟着地至对侧足趾离地前双腿与地面接触的时期;③SLS/DLS:SLS与DLS的比值,即当DLS时间是100ms时SLS所用的时间;④跨步长(stride length):行走时,由一侧足跟着地到该侧足跟再次着地所进行的距离,又称作步幅;⑤落腿强度(foot fall strength):在足底传感器的前后方向,摆动末期的终末有一小段加速度下降过程的平均加速度。

1.5 数据处理与分析

通过IDEAA GaitView 3.8软件对数据进行初步处理,再应用SPSS 16.0和Excel 2010对数据进行统计学分析,所有数据以均值±标准差表示,并进行配对t检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 受试者THA手术前后步态参数比较

受试者THA术前、术后25周各步态参数的比较结果见表1。只有健侧腿SLS术后显著低于术前($P < 0.05$),其他步态参数术前和术后相比,均无显著差异($P > 0.05$)。

表1 THA手术前后受试者步态参数对比(* $P < 0.05$)

Tab.1 Comparison of gait parameters for subjects before and after THA

参数	健侧		患侧		P值	
	术前	术后	术前	术后	健侧	患侧
SLS/ms	460.03 ± 26.64 *	427.37 ± 39.51	428.81 ± 44.17	430.14 ± 55.58	0.01 *	0.89
DLS/ms	174.04 ± 33.83	166.1 ± 57.77	158.13 ± 38.78	185.44 ± 106.63	0.70	0.38
SLS/DLS/%	305.64 ± 55.67	275.3 ± 97.90	260.81 ± 69.04	292.04 ± 104.63	0.34	0.25
落腿强度/g	1.14 ± 0.19	0.99 ± 0.27	0.84 ± 0.60	1.06 ± 0.41	0.39	0.16
步幅/m	1.08 ± 0.19	1.05 ± 0.27	1.08 ± 0.20	1.03 ± 0.27	0.70	0.72

2.2 受试者各步态参数变化情况

2.2.1 SLS占步态周期百分比 它指一个步态周期中SLS时间所占百分比,反映了受试者在行走中的稳定性大小,其值增大表明稳定性有所改善。对于本研究中受试者患侧腿SLS占步态周期百分比,有3名受试者术后显著高于术前($P < 0.05$),2名受试者术后显著低于术前($P < 0.05$);另外2名受试者术后有减小的趋势,但无显著性差异($P > 0.05$)。

而对于受试者健侧腿SLS占步态周期百分比,有5名受试者术后显著低于术前($P < 0.05$),2名受试者术后有减小趋势,但无显著性差异($P > 0.05$,见图2)。

2.2.2 DLS占步态周期百分比 它指一个步态周期中DLS时间所占百分比,反映了受试者在行走中的稳定性大小,其值增大表明稳定性减小。对于本研究中受试者DLS占步态周期百分比,无论健侧还

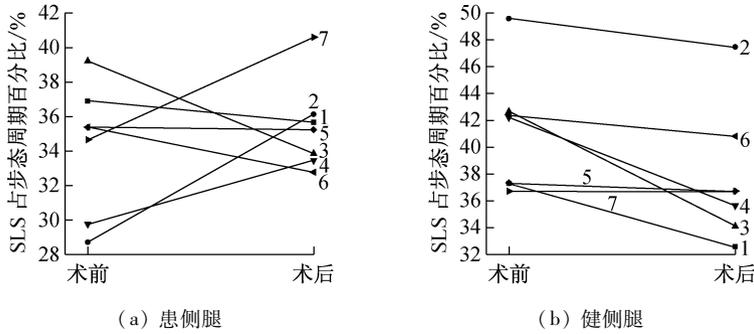


图2 THA 手术前后受试者 SLS 占步态周期百分比比较

Fig.2 Comparison of percentage of SLS accounting for a gait cycle before and after THA (a) Diseased leg, (b) Healthy leg

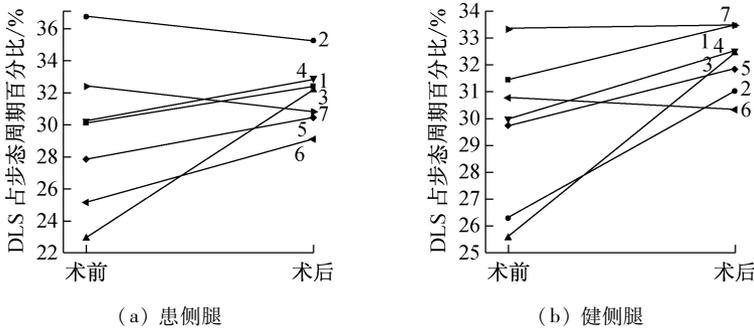


图3 THA 手术前后受试者 DLS 占步态周期百分比比较

Fig.3 Comparison of percentage of DLS accounting for a gait cycle before and after THA (a) Diseased leg, (b) Healthy leg

是患侧腿,都有5名受试者术后显著高于术前($P < 0.05$);而有2名受试者术后低于术前,但无显著性差异($P > 0.05$,见图3)。

2.2.3 SLS/DLS 它综合反映了受试者行走时的

稳定性,SLS/DLS 比值越大,说明受试者稳定性越好。在本研究中,对于 SLS/DLS,术后与术前相比,患侧腿 5 人增大,2 人减小;健侧腿 2 人增大,5 人减小(见图4)。

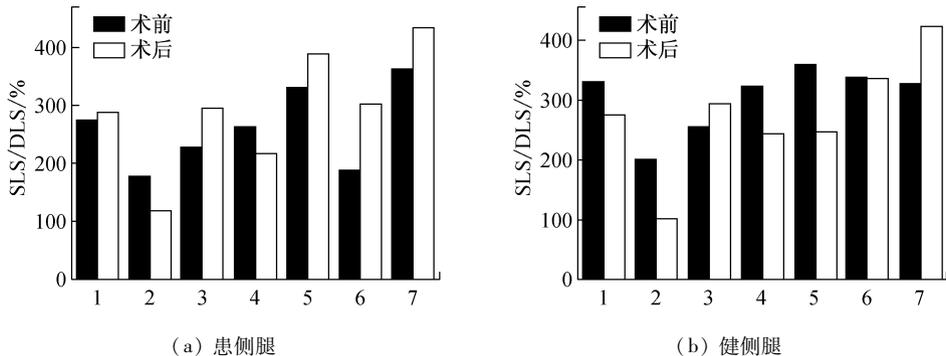


图4 受试者 THA 手术前后 SLS/DLS 比较

Fig.4 Comparison of SLS/DLS before and after THA (a) Diseased leg, (b) Healthy leg

2.2.4 落腿强度 它反映了下肢肌肉力量的大小,其值越大,说明下肢肌肉力量越强。在本研究中对于落腿强度,受试者术后与术前相比,患侧腿 6 人增大,1 人减小;健侧腿 2 人增大,4 人减小,1 人基本不变(见图5)。

2.2.5 跨步长 它反映了受试者行走时的步幅大小,对于同一个人而言,跨步长越大,说明运动能力越好。在本研究中对于跨步长,受试者术后与术前相比,无论健侧还是患侧腿,都是 3 人增大,4 人减小(见图6)。

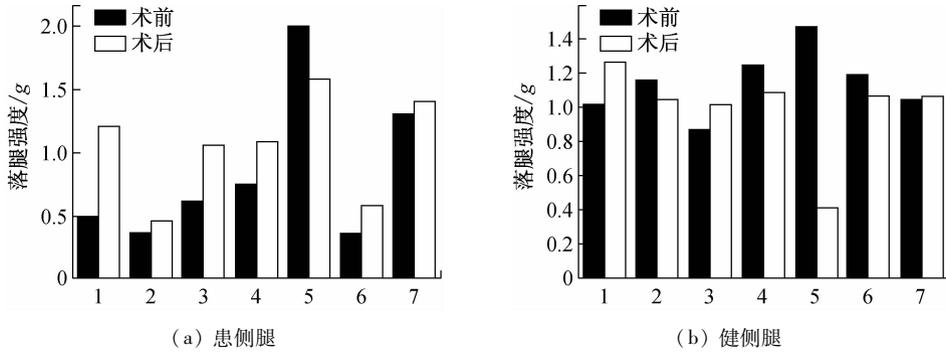


图5 受试者 THA 手术前后落腿强度比较

Fig. 5 Comparison of foot fall strength before and after THA (a) Diseased leg, (b) Healthy leg

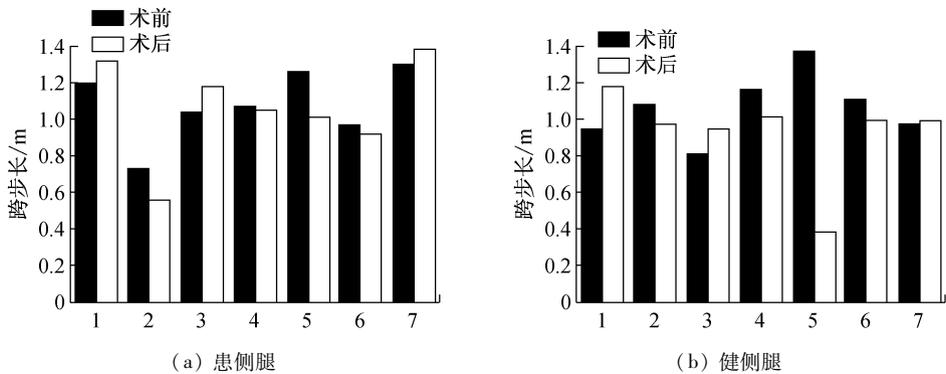


图6 受试者 THA 手术前后跨步长比较

Fig. 6 Comparison of stride length before and after THA (a) Diseased leg, (b) Healthy leg

3 讨论

下肢关节置换术后的康复训练目的在于改善步态和本体感觉功能,增强下肢肌肉力量。从临床经验来看,术后康复锻炼情况由多方面因素影响决定,包括患者病情、是否能严格按照医嘱进行康复练习、术后康复时间、患者身体状况、关节置换使用假体类型、患者体重等,其中影响最大的因素是患者病情。患者下肢关节病变是单侧还是双侧,这一因素对测试结果有非常大的影响。如果受试者仅为单侧关节病变,另一侧为完全正常或症状较轻,则手术后患者可基本恢复到与健康人无差异的程度;如果受试者下肢关节双侧均有病变,临床上通常先进行严重一侧关节置换,则术后患者由于另一侧关节疼痛影响,康复效果相比单侧患者要差。

Tanaka 等^[18]对 THA 术后 1 年内患者的随访研究发现,髋关节疾病(如骨关节炎)的严重程度和双下肢不等长情况是影响患者术后康复的主要因素。在本研究中,受试者 2 年龄 63 岁,双髋关节疼痛 1

年,加重伴活动受限 6 月;受试者 3 年龄 48 岁,双髋关节疼痛 10 年,加重伴活动受限 3 年,两位患者均被诊断为髋关节骨性关节炎,且均做右髋关节置换术,术后均按照医嘱做相应的康复训练。受试者 3 患侧腿在术后 25 周的落腿强度、步幅均好于受试者 2,说明年龄对康复效果的影响可能比病症对康复效果的影响更大,即年龄越小,康复效果可能会更好。

7 名受试者术前患侧腿落腿强度比健侧腿有 35.71% 的减弱,术后 25 周患侧腿落腿强度比健侧腿有 6.60% 的增强。落腿强度反映的是人在行走时胫骨前肌肉(主要是胫骨前肌和趾长伸肌)收缩,限制前足过快触地,维持以足跟的支点和足平衡,使小腿向前滚动。摆腿强度反映的是摆动末期小腿向前摆动并踢腿,此时股四头肌开始活动,足的向前加速度主要依靠股四头肌收缩伸展膝关节,带动足部向前,故推测 THA 术后受试者患侧腿的股四头肌力量和胫骨前肌肉力量明显加强。这与 Rasch 等^[17]研究结果相似,他们发现在 THA 术前、术后 6 个月和术后 2 年,髋关节肌肉力量相比健康肢体分别减

弱18%、12%、6%。因此,THA患者的步态在早期就明显异于正常人,但在手术之后会有很大的改善。

对于受试者5、7,两人基本情况相似,病因相同,术后康复周期相近。受试者5术后各指标较术前改善效果显著,受试者7术后各指标较术前有所改善,但不甚明显。询问术后康复情况可知,受试者5术后恢复效果好,渗出少,且术后能严格医嘱进行康复锻炼,改善效果明显,活动自如;而受试者7术后恢复较慢,渗出多,且卧床时间长,术后康复锻炼开始晚,故改善情况较受试者5相比较差。由此可见,术后功能锻炼对康复十分重要。

IDEAA便携式步态分析系统能对受试者的步态进行量化,对患者THA术后康复情况进行定量评估,且根据步态数据的反馈能很好地针对患者目前恢复情况做出下一步的康复指导,对于评价手术效果、辅助临床诊断病情具有极为重要的意义。

由于受试者个体间差异较大,故很难总结患者THA手术前后步态变化的统一规律。未来的研究将加大样本量,并进一步完善实验设计,将基础和临床更好地结合起来,为患者服务。

4 结论

通过对患者THA手术前后的步态比较,可得到如下研究结果:①总体而言,健侧腿SLS明显下降,其他步态参数无统计学意义,故SLS指标或可作为评价髋关节置换手术效果评价的敏感指标。②半数以上受试者患侧腿SLS、健侧腿SLS占步态周期百分比,术后比术前降低。③半数以上受试者健侧腿DLS、SLS/DLS,术后比术前明显下降;健侧腿DLS占步态周期百分比、患侧腿DLS、DLS占步态周期百分比以及SLS/DLS,术后比术前增加。④半数以上受试者落腿强度患侧腿术后比术前有明显增加。

参考文献:

- [1] 高志国. 全髋全膝人工关节置换术—人工关节置换术[J]. 开卷有益: 求医问药, 2007, 2: 10.
- [2] 梁娟, 白跃宏, 周俊. 全膝关节置换后三维步态分析: 病例-对照的随访观察[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 44(12): 8627-8630.
- [3] Bach CM, Nogler M, Steingruber IE, *et al.* Scoring systems in total knee arthroplasty [J]. Clin Orthop Relat Res, 2002, 399: 184-196.
- [4] 叶坪, 寇伯龙, 张斌. 塞来昔布在髌膝关节置换术后多模式镇痛的应用[J]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2011, 5(3): 844-846.
- [5] 常德寿. 髌臼发育不良并骨性关节炎的全髋关节置换术[J]. 医学信息手术学分册, 2008, 21(7): 605-609.
- [6] Brandes M, Zijlstra W, Heikens S, *et al.* Accelerometry based assessment of gait parameters in children [J]. Gait Posture, 2006, 24(4): 482-486.
- [7] Saremi K, Marehbian J, Yan X, *et al.* Reliability and validity of bilateral thigh and foot accelerometry measures of walking in healthy and hemiparetic subjects [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2006, 20(2): 297-305.
- [8] Gardner MJ, Barker JU, Briggs SM, *et al.* An evaluation of accuracy and repeatability of a novel gait analysis device [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2007, 127(3): 223-227.
- [9] Mackey AH, Stott NS, Wait SE. Reliability and validity of an activity monitor (IDEAA) in the determination of temporal-spatial gait parameters in individuals with cerebral palsy [J]. Gait Posture, 2008, 28(4): 634-639.
- [10] 曹赞, 周宇, 徐寅林. 加速度传感器在步态信号采集系统中的应用[J]. 信息化研究, 2009, 35(9): 53-61.
- [11] Terrier P, Deriaz O, Meichtry A, *et al.* Prescription footwear for severe injuries of foot and ankle: Effect on regularity and symmetry of the gait assessed by trunk accelerometry [J]. Gait Posture, 2009, 30(4): 492-496.
- [12] Gorelick ML, Bizzini M, Maffioletti NA, *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.
- [13] Lee JA, Cho SH, Lee YJ, *et al.* Portable activity monitoring system for temporal parameters of gait cycles [J]. J Med Syst, 2010, 34(5): 959-966.
- [14] Dijkstra B, Kamsma YP, Zijlstra W. Detection of gait and postures using a miniaturized triaxial accelerometer-based system: Accuracy in patients with mild to moderate Parkinson's disease [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(8): 1272-1277.
- [15] Schmidt AL, Pennypacker ML, Thrush AH, *et al.* Validity of the StepWatch step activity monitor: Preliminary findings for use in persons with Parkinson disease and multiple sclerosis [J]. J Geriatr Phys Ther, 2011, 34(1): 41-45.
- [16] 刘艳成, 夏群, 胡永成, 等. 便携步态分析量化评价脊髓型颈椎病患者的步态特征[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(11): 1774-1779.
- [17] Rasch A, Dalen N, Berg HE. Muscle strength, gait, and balance in 20 patients with hip osteoarthritis followed for 2 years after THA [J]. Acta Orthop, 2010, 81(2): 183-188.
- [18] Tanaka R, Shigematsu M, Motooka T, *et al.* Factors influencing the improvement of gait ability after total hip arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2010, 25(6): 982-985.