

青少年特发性脊柱侧凸症运动学研究

刘丹 唐占英 肖静 李薇薇 林婕 袁薇娜 胡志俊

(上海中医药大学附属龙华医院康复科,上海,200032)

摘要 目的:从生物力学角度着手探索青少年特发性脊柱侧凸症(Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS)的病理机制,通过对患者与正常青少年脊柱两侧肌肉生物力学指标的分析进一步研究青少年特发性脊柱侧凸症对患者运动功能的影响。加强对 AIS 的病理现象和机制的分析和认识,解释 AIS 的重要病理现象。方法:选取 2014 年 3 月至 2014 年 9 月在上海中医药大学附属龙华医院康复科就诊的青少年 20 例,其中特发性脊柱侧凸患者及无脊柱侧凸青少年各 10 例。以步态分析、表面肌电检测技术手段为检测途径,对患者与正常青少年运动学指数、平衡指数等生物力学指标进行比较。针对运动学指标的实验研究共选取 10 例 AIS 患者为研究组与对照组 10 例患者进行对比。检测步频指数、各步态时相所占百分比等步态时空参数;步长、跨步长、步态周期及膝关节、踝关节、髋关节三个关节的活动角度等运动特征。结果:青少年特发性脊柱侧凸患者在单步时间、跨步时间方面差异有统计学意义($P < 0.05$),但其他时空指标并未出现明显的异常。髋关节活动角度范围等平衡参数相明显大于正常组,两者相比差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论:1) AIS 可能使患者双侧下肢运动学特征产生改变。同时也提示双侧下肢运动学特征的改变很有可能是青少年特发性脊柱侧凸症的一个重要发病诱因;2) AIS 患者支撑能力可能没有明显异常;3) 特发性脊柱侧凸患者两侧肢体关节周围肌群动作的不协调或两侧肢体应力改变是导致这一步态特征的主要原因。

关键词 步态分析;青少年特发性脊柱侧凸症;椎旁肌;生物力学

The Kinematics of Adolescent Idiopathic Scoliosis Disease Research

Liu Dan, Tang Zhanying, Xiao Jing, Li Weiwei, Lin Jie, Yuan Weina, Hu Zhijun

(Longhua hospital affiliated to Shanghai university of traditional Chinese medicine, Shanghai 200032, China)

Abstract Objective: To explore the pathological mechanism of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) from the point of biomechanics, we further study the impact of AIS on adolescent patients' motor function with the analysis of both patients' and typical adolescents' biomechanics indexes. We enhance the analysis and understanding of pathological mechanism of AIS to explain its important pathological phenomena. **Methods:** 20 adolescents who visited the Rehabilitation Department of Longhua Hospital affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine from March to September during 2014 were selected, among which 10 with AIS and 10 without AIS. With gait analysis and surface electromyography, we compared the kinematic and equilibrium indexes between adolescents with AIS and without AIS. Against the experimental study of kinematic indexes, 10 cases are adolescents with AIS (research group) and 10 cases are without AIS (control group). We tested the stride frequency indexes, ratio of gait phases, step length, stride length, gait cycle, activity angles of knee joint, ankle joint and hip joint. **Results:** There was significant difference between the time of single step and stride step of AIS ($P < 0.05$), and no significant difference in other indexes of time and space. The activity angles of hip joint were obviously larger than those in control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** 1) AIS may change the kinematic characteristic of adolescent patients' bilateral lower limbs. Simultaneously, that change could be an important predisposing factors of AIS. 2) There may be no significant difference in supporting capacity of adolescents with AIS. 3) Either the uncoordinated movement of muscle groups around bilateral limbs and joints of adolescents with AIS or the stress change of bilateral limbs is the major cause of asymmetric gaits of AIS.

Key Words Gait analysis; Adolescent idiopathic scoliosis; Paraspinal muscle; Biomechanics

中图分类号: R681.5; R24 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1673-7202.2016.01.024

青少年特发性脊柱侧凸症(Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS)作为一种常见的脊柱疾病其主要病理改变是脊椎发生三维空间内的变形,本疾病在青少年中有 3% 的发病率^[1],好发于女性儿童,男女发病

性别比例为 8:1^[2]。特发性脊柱侧凸症严重影响青少年的脊柱健康,严重者甚至引起内脏器官的功能异常,如因胸廓畸形而造成心、肺功能障碍,神经受牵拉压迫而疼痛,压迫脊髓继而导致下肢瘫痪等。

根据相关文献报道^[3],30%的患者畸形很有可能会持续进展并持续加重。

在中医学里青少年特发性脊柱侧凸症属于小儿龟背范畴。小儿龟背表现为脊骨弯曲突起,形如龟背。小儿骨质未坚,曲背久坐,没有及时矫正,脊骨受损;或由于缺乏营养、发育障碍;或因脊骨局部疾患以致变形。《小儿药证直诀》中已有本病脊柱畸形的证候记载,指出:“儿生下客风入脊,遂与骨髓,即成龟背。”中医学认为筋束骨,骨张筋,互相协作从而完成人体的正常运动。AIS的病因病机在外责之于筋伤肉僵,在内责之于肝脾肾功能失调^[4]。《内经》曰:“骨为干”。《医宗金鉴·正骨心法要旨》宗《内经》之说,指出:巅顶骨等颅骨“内涵脑髓”,脊椎骨等“下尽尻骨之端,上载两肩,内系脏腑,其两旁诸骨,附接横叠,而弯合于前,则为胸胁也”。骨性刚强,既可支持形体,又能保卫内脏,是人体之支架,为筋起止之所。《内经素问·痿论》中记载有:“宗筋主束骨而利关节也”。

骨骼是人体包括脊柱在内的刚性支撑,是一切运动的根本支柱;筋肌是连结脊柱骨骼形成脊柱关节的组织,骨骼对脊柱关节具有支撑和保护作用,肌肉的收缩和舒张,实现了脊柱的各种运动,是人体脊柱运动的动力来源^[5]。肢体的运动,虽有赖于筋骨,但筋骨离不开气血的温煦濡养,气血化生,濡养充足,筋骨功能才可劲强。而且筋骨又是肝肾的外合,肝肾同源,分主筋骨,筋骨相连,伤筋必动骨,损骨必伤筋^[6]。因此,在对慢性筋骨病的治疗中,都必须要有整体观念,注意与肝肾两脏的关系。肝血充盈,肾精充足,则筋劲骨强。同时通过经络周而复始将气血输布全身,使人体的皮肉筋骨、四肢百骸得到气血的濡养,以维持其正常的生理活动,因此肝肾气血盛衰、经络通畅关系到筋骨的成长与衰退^[7]。如果长期久坐,坐姿不正确,脊柱过度负荷劳累,或先天脊柱发育异常等都可能损伤脊柱的骨骼、筋肉,导致筋骨失衡,从而引发或加重特发性脊柱侧凸^[8]。

AIS具体发病机理尚不明确,多数研究者广泛认可的理论主要集中在以下几个方面:椎旁肌肉活动异常与椎体本身的发育异常、内分泌的异常因素以及神经系统(如前庭功能、位置觉等)的异常等^[9]。

脊柱的筋骨平衡依赖于肌肉和软组织组成的筋系统和椎体及椎间盘组成的骨系统。筋系统的失衡会导致筋骨系统整体的改变。继而影响整体脊柱的动静力平衡,从而诱发“筋骨平衡”的病理表现^[10]。

从系统层面而言,直立的姿势与骨盆以上的腰段脊柱扩大有十分密切的关系^[11]。研究发现它与脊柱侧凸症患者腰椎的外观改变有很大关联^[12]。从生物力学的角度来看,这种运动姿势的转变似乎在功能和效率方面都有很大的提升,但与之伴随的反向作用力的产生使得椎体无法适应,继而使得脊柱的结构更加容易被改变。由此可以认为,直立姿势很有可能是脊柱侧凸的一个重要诱发因素^[13]。尽管如此,这一病理机制也并非只是人体所特有,针对四足动物而言也已经有脊柱侧凸的实验模型建立^[14]。关于筋骨失衡的生物力学研究目前还仅限于实验动物阶段,如何利用现代康复医学手段进行临床基础研究针对AIS患者脊柱筋骨系统进行力学评价,对于AIS在发育阶段的早期积极治疗意义深远^[15]。我们理解筋骨结构是一套复杂的运动学特征结构,由于其复杂的构成以及活动检测指标的不确定性通常需要系统有效的宏观研究方法对其进行有效的分析。三维步态分析技术作为一种系统宏观的运动学研究手段,可针对复杂的肢体运动进行有效的综合分析,并从宏观角度观察其变化规律。

因此,在“中医筋骨”并重指导下,结合现代生物力学分析方法,采用步态分析、技术手段,开展青少年特发性脊柱侧凸症的研究,探索脊柱生物力学失衡对脊柱筋骨系统破坏继而导致青少年特发性脊柱侧凸症的病理机制,加强对脊柱侧凸的病理现象和机制的分析和认识,解释其重要病理现象,为治疗青少年特发性脊柱侧凸症提供实验证据和操作指导。

1 材料与方法

1.1 研究对象 选取2014年3月至2014年9月在上海中医药大学附属龙华医院康复科就诊的青少年特发性脊柱侧凸患者共10例作为实验组,其中男4例,女6例;右侧凸4例,左侧凸6例,侧凸角度 (23.64 ± 2.65) 度;年龄 (14 ± 2) 岁。健康青少年10例作为对照组,经过龙华医院康复科进行临床检查,脊柱生长发育正常,且体型匀称,走路姿势正常,排除骨性关节炎疾病,自愿参加实验,男女各5例;年龄 (13 ± 2) 岁。所有受试者均没有接受手术治疗,同时在以往临床检查中没有发现任何神经系统的疾病,在进行实验的全过程中受试者被要求不得佩戴任何形式的矫形支具。

1.2 实验设备 英国VICON公司红外三维运动捕捉系统;分析软件Vicon IQ。

1.3 测试方法

1.3.1 测试准备 1)环境准备:测试房间采用白光光源,防止室外自然光线照射造成干扰。行走步道长9 m,测量前让受试者先进行适应性行走,保持测试环境清洁。2)仪器准备:标定步态分析系统,对系统进行校正。首先以校正用T形架在全空间进行动态校正,然后将校正用T形架置于测力板相应位置进行静态校正。3)受试者准备:受试者下肢穿着适于测量的衣物,以保证关节标志点充分暴露,在测试人员的指导下首先进行测试环境的熟悉练习,熟悉练习过程中嘱受试者以自然步态赤足走过足底压力测量平板,不规定步幅、步速。

1.3.2 模型建立 1)按照三维步态分析模型在受试者下肢进行标定点(maker)的粘贴,共16 maker。2)静态数据采集:受试者按实验员的指示下静止站立于测力台中央,身体直立站位,两臂水平展开,两脚与肩同宽,针对解剖学姿势下静态动作进行拍摄。3)动态数据采集:以自然步态赤足走过行走步道,对于运动过程中的生物力学参数以及运动学参数进行采集。4)所有实验规定动作结束后,检查确定实验数据是否完整无误。之后更换下一名受试者,重复上述过程。

1.4 主要观察指标

1.4.1 步态周期 步态周期站立相和摆动相。站立相5期:最初接触/足跟着地、负重反应、站立中期、站立末期、摆动前期。摆动相分成分为3个期:摆动前期、摆动中期、摆动末期。

1.4.2 时间参数 时间参数包括单步时间、跨步时间、步频、步速。单步时间指步行周期中迈一步所需要的时间,即从一侧下肢足跟首次着地至对侧下肢足跟再次着地为止所用时间。以秒为计时单位。在正常情况下,双下肢的单步时间相等。如果双侧下肢单步时间不等,提示步态的不对称。跨步时间指完成一个步行周期所需要的时间,即从一侧下肢足跟着地至该下肢足跟再次着地所经过的时间。以秒为计时单位。

1.4.3 距离参数 步态的距离参数包括步长、跨步长、步宽。步长指行走时左右足跟或者足尖两点间在前进方向上的直线距离。我们将左脚向前迈一步称左步长,右脚向前迈一步称右步长。正常人行走时,左右侧下肢步长及时间基本相等,当左右步长不一致时,则反映步态的不对称性。例如偏瘫步态的不对称性,表现在健侧步长缩短,而患侧步长相对延长。

1.4.4 步态周期中髋关节、膝关节、踝关节主要活

动度 包括各关节最大伸展角度、最大屈曲角度、最大活动范围、触地时刻角度、离地时刻角度。

1.5 统计分析 每一测量指标将进行三次测量,测量后取平均值给出分析结果。数据结果均以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,利用SPSS 18.0软件进行数据统计分析。符合正态分布的数据采用单因素方差分析,不符合正态分布的数据采用秩和检验转换的非参数检验。

2 结果

2.1 步态周期参数特征 侧凸组与正常组比较,2组双侧下肢双侧支撑期差异有统计学意义($P < 0.01$)。2组双侧下肢单侧支撑期、双侧下肢单侧支撑期所占百分比差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

表1 AIS患者与正常人双侧下肢步态周期指标差值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	受试者人数	双侧支撑期 s	单侧支撑期	单侧支撑期所占百分比
侧凸组	10	7.80 ± 4.56**	4.60 ± 4.42	1.95 ± 1.62
正常组	10	2.00 ± 1.33	2.40 ± 0.37	6.03 ± 7.09
P值		0.003	0.24	0.093

注:与正常组对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。

2.2 步态周期时间参数特征 侧凸组与正常组比较,2组步频相比差异有统计学意义($P < 0.05$)。2组双侧下肢单步时间、双侧下肢跨步时间相比差异均有统计学意义($P < 0.05$)。2组双侧下肢步速差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 AIS患者与正常人双侧下肢时间指标差值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	受试者人数	步频	单步时间	跨步时间	步速
侧凸组	10	4.75 ± 3.48*	0.11 ± 0.11*	0.07 ± 0.02*	0.04 ± 0.02
正常组	10	1.82 ± 1.65	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.01
P值		0.032	0.04	0.02	0.13

注:与正常组对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。

2.3 步态周期距离参数参数 侧凸组与正常组比较,2组双侧下肢步长、跨步长、步宽均差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表3。

表3 AIS患者与正常人双侧下肢距离参数差值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	受试者人数	步长	跨步长	步宽
侧凸组	10	0.06 ± 0.03	1.00 ± 0.10	0.03 ± 0.02
正常组	10	0.06 ± 0.07	1.04 ± 0.09	0.02 ± 0.01
P值		0.86	0.35	0.26

注:与正常组对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。

2.4 髋关节平衡指数 侧凸组与正常组比较,髋关节最大伸展角度、触地时刻角度及离地时刻角度4组之间差异均没有统计学意义。髋关节最大屈曲角度进行统计分析,研究结果显示,4组间相比差异有

统计学意义。进一步进行两两比较结果发现,侧凸组凸侧下肢与正常组左侧及右侧下肢之间髋关节最大屈曲角度、髋关节最大活动范围的差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表4。

2.5 膝关节平衡指数 侧凸组与正常组比较,膝关节最大伸展角度、最大屈曲角度、最大活动范围、触地时刻角度及离地时刻角度4组之间差异均没有统

计学意义。见表5。

2.6 踝关节平衡指数分析 侧凸组与正常组比较,受试者踝关节最大伸展角度左侧、右侧下肢之间踝关节最大伸展角度差异均有统计学意义($P < 0.05$)。踝关节最大屈曲角度、最大活动范围、触地时刻角度及离地时刻角度4组之间差异均没有统计学意义。见表6。

表4 AIS患者与正常人髋关节动力学指数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	最大伸展角度	最大屈曲角度	最大活动范围	触地时刻角度	离地时刻角度
侧凸组凸侧	15.43 ± 4.15	32.00 ± 4.00 * Δ	47.43 ± 3.46 * Δ	18.29 ± 10.36	15.71 ± 16.93
侧凸组凹侧	13.57 ± 2.70	29.14 ± 6.49 * Δ	42.71 ± 5.91 * Δ	20.86 ± 7.40	13.71 ± 18.30
正常组左侧	17.91 ± 6.71	22.02 ± 4.74	34.14 ± 4.30	22.14 ± 6.90	17.13 ± 10.92
正常组右侧	15.56 ± 4.68	22.50 ± 4.93	30.29 ± 4.54	26.69 ± 4.96	13.20 ± 14.01

注:与正常组左侧对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$,与正常组右侧对比, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

表5 AIS患者与正常人膝关节动力学指数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	最大伸展角度	最大屈曲角度	最大活动范围	触地时刻角度	离地时刻角度
侧凸组凸侧	1.14 ± 0.90	53.43 ± 9.30	54.57 ± 9.69	3.71 ± 3.19	29.00 ± 14.39
侧凸组凹侧	2.43 ± 3.82	57.57 ± 8.44	60.00 ± 10.4	2.00 ± 1.82	35.57 ± 14.96
正常组左侧	1.30 ± 1.12	68.93 ± 18.25	58.03 ± 10.4	3.91 ± 3.28	31.87 ± 16.89
正常组右侧	0.84 ± 2.20	52.88 ± 36.36	48.12 ± 3.62	1.72 ± 1.49	27.52 ± 18.74

注:与正常组左侧对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$,与正常组右侧对比, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

表6 AIS患者与正常人踝关节动力学指数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	最大伸展角度	最大屈曲角度	最大活动范围	触地时刻角度	离地时刻角度
侧凸组凸侧	23.00 ± 4.47	13.86 ± 6.01	31.42 ± 4.20	5.71 ± 3.59	16.57 ± 3.74
侧凸组凹侧	12.57 ± 6.08 *	19.00 ± 7.46	31.57 ± 2.36	9.14 ± 6.76	11.14 ± 6.52
正常组左侧	17.57 ± 2.88 *	14.00 ± 6.21	35.29 ± 5.82	6.85 ± 5.21	20.71 ± 6.52 *
正常组右侧	13.57 ± 5.29 *	22.00 ± 7.64	37.00 ± 8.91	11.85 ± 9.68	13.43 ± 8.20

注:与侧凸组凸侧对比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。

3 讨论

三维步态分析技术作为一种系统宏观的运动学研究手段针对复杂的肢体运动进行有效的综合分析,并从宏观角度观察其变化规律。三维步态分析对行进中的各种参数进行适时采集和处理,得到关节运动角度,利用内在轴线和欧拉旋转角度来描述行走过程中关节的三维运动情况^[16]。其运动学参数通常包括人体重心分析、步行时间-空间以及肢体的阶段性运动^[17]。正常下肢髋关节活动角度的特点是在迈步相中期达到顶点,并保持到站立相开始,有利的跖屈,保证我们在行走过程中身体能够有力向前移动,才能保证正常的行走速度^[18]。

步长、步频、步速是步态分析最基本的参数,步长、步频及步速出现缩短减慢或延长加快表明步行过程出现了某些异常^[19]。以往研究通常致力于对患者人群与健康人群单侧下肢参数绝对值的比较,忽视了个体差异导致的偏差,并未分析个体双侧下

肢各项指数差值所反应的异常^[20]。

本次研究结果显示,在步态周期参数指标方面特发性脊柱侧凸患者凸侧下肢的双足支撑相明显大于正常组下肢,单足支撑相与单足支撑相所占百分比与正常组相比没有明显差异,在临床检查中,双足支撑相来判断步态的对称性,因此双足支撑相出现异常可以提示行走中可能出现步态不对称,同时也提示患者支撑能力可能存在一定程度上的异常。时间指标方面特发性脊柱侧凸患者凸侧下肢的步频、单步时间、跨步时间明显大于正常组下肢,在正常情况下,双下肢的时间指标相等,双侧下肢时间指标的差值明显增大,提示步态可能出现单侧偏移不对称,特发性脊柱侧凸患者凸侧下肢运动状态出现显著异常。通过三维步态分析手段测量青少年特发性脊柱侧凸患者与正常青少年双侧下肢运动学特征,并对双侧下肢参数的差异进行对比,进一步量化反映了脊柱侧凸患者运动功能的改变情况。

AIS患者两腿的膝关节在运动过程中没有出现明显的不对称,屈伸范围也没有太大异常。然而,与正常组相比髋关节在足跟着地阶段存在过度屈曲,髋关节的伸展与屈曲角度相比正常人有很大的变化,提示躯干在额状面和横截面内的扭转运动出现了不平衡。除此之外,髋关节角度在触地和离地瞬间变化相对不大,这提示髋关节的不对称性只在一定程度上受到影响,但这也提示AIS患者对身体的控制能力以及在运动中保持身体稳定的能力弱于正常人。踝关节方面最大伸展角度也有明显的变化,提示在行走过程中踝关节活动度也在一定程度上受到影响。特发性脊柱侧凸患者两侧肢体关节周围肌群动作的不协调或两侧肢体应力改变是导致这一步态特征的主要原因。

参考文献

- [1] Sharma S, Gao X, Londono D, et al. Genome-wide association studies of adolescent idiopathic scoliosis suggest candidate susceptibility genes [J]. *Hum Mol Genet*, 2011, 20(7):1456-1466.
- [2] Weinstein SL, Mubarak SJ, Wenger DR. Fundamental concepts of developmental dysplasia of the hip [J]. *Instr Course Lect*, 2014 (63): 299-305.
- [3] Burwell RG, Dangerfield PH. Etiologic theories of idiopathic scoliosis: neurodevelopmental concepts to be evaluated [J]. *Stud Health Technol Inform*, 2002(91):15-19.
- [4] 彭树森.《医宗金鉴·正骨心法要旨》的学术思想研究[J]. *四川中医*, 2006(12):29-31.
- [5] 周中.“筋骨并重”理念是骨伤治疗的灵魂——读《医宗金鉴·正骨心法要旨》有感[J]. *中医研究*, 2011, 20(8):71-73.
- [6] 王维佳.《正骨心法要旨》对筋骨并重理论的贡献[J]. *中国骨伤*, 2000, 13(4):25-28.
- [7] 叶树森, 金鸿宾, 王志彬. 筋骨并重的临床理念[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2008, 11(3):54-55.
- [8] 薛少驰. 浅述“筋骨并重”[J]. *河南中医*, 2014, 22(10):1944-1945.
- [9] Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Lancet*, 2008, 371(9623):1527-1537.
- [10] 席智杰, 王拥军, 施杞, 等. 施氏脊柱平衡手法——整颈三步九法 [A]. 第四届中国整脊学学术交流大会, 2008.
- [11] Solis-Chavez SA, Ibanez-Contreras A, Reyes-Pantoja SA, et al. Absence of the right wing of the ilium generated a compensatory scoliosis in rhesus monkey in captivity: diagnostic imaging and its alteration on the SEPNT [J]. *J Med Primatol*, 2014, 43(1):44-47.
- [12] Lovejoy CO. The natural history of human gait and posture. Part 1. Spine and pelvis [J]. *Gait Posture*, 2005, 21(1):95-112.
- [13] Machida M, Saito M, Dubousset J, et al. Pathological mechanism of idiopathic scoliosis: experimental scoliosis in pinealectomized rats [J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(9):843-848.
- [14] Zhang H, Sucato DJ. Neurocentral synchondrosis screws to create and correct experimental deformity: a pilot study [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(5):1383-1390.
- [15] Arkin AM. The mechanism of the structural changes in scoliosis a preliminary report [J]. *N Y State J Med*, 1949, 49(5):495-499.
- [16] Negrini S. Isokinetic assessment in schoolchildren with low back pain [J]. *Isokinetics and exercise science*, 2000, 8(4):203-212.
- [17] Lewek MD, Scholz J, Rudolph KS, et al. Stride-to-stride variability of knee motion in patients with knee osteoarthritis [J]. *Gait & posture*, 2006, 23(4):505-511.
- [18] Maezawa Y, Uchida K, Baba H. Gait analysis of spastic walking in patients with cervical compressive myelopathy [J]. *J Orthop Sci*, 2001, 6(5):378-384.
- [19] Dubousset J, Machida M. Possible role of the pineal gland in the pathogenesis of idiopathic scoliosis. Experimental and clinical studies [J]. *Bull Acad Natl Med*, 2001, 185(3):593-604.
- [20] Lai KW, Mercurio MG. Medical and surgical approaches to vulvar intraepithelial neoplasia [J]. *Dermatol Ther*, 2010, 23(5):477-484.

(2015-06-08 收稿 责任编辑:张文婷)