

## 早期帕金森病患者步态特征定量分析

张 杨 蒋 森 刘 娜 钱小娟 杨新玲<sup>△</sup>

新疆医科大学第二附属医院,新疆 乌鲁木齐 830054

**【摘要】 目的** 探究早期帕金森病患者行走时的步态特征。**方法** 收集 2020-06—2021-09 在新疆医科大学第二附属医院神经内科住院就诊的帕金森病(PD)患者 51 例(H-Y 分级 $\leq 2.5$ ),以及同时期前来体检或来自社会的健康人群为对照组。使用 GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统进行步态数据的收集,对各项步态数据进行定量及相关性分析。**结果** 帕金森病组步态周期较对照组降低[分别为 $(1.41\pm 0.698)$ s、 $(1.43\pm 0.586)$ s,  $P=0.004$ ],帕金森病组步长偏差较对照组增大[分别为 $(7.69\pm 11.415)$ cm、 $(3.15\pm 3.121)$ cm,  $P=0.007$ ],帕金森病组比对照组步幅降低[ $(62\pm 40)$ cm、 $(88\pm 17)$ cm,  $P<0.001$ ],帕金森病组与对照组间步频、步速、支撑相、摆动相比较差异无统计学意义( $P\geq 0.05$ )。帕金森病组与对照组比较,步幅与帕金森病呈正相关,步长偏差与帕金森病呈负相关。ROC 曲线分析显示,对于步长偏差,区分帕金森病组与对照组的最佳截止值为 3.5 cm(灵敏度为 0.392,特异度为 0.362,曲线下面积为 0.343)。对于步幅,区分帕金森病组与对照组的最佳截止值为 68 cm(灵敏度为 0.608,特异度为 0.936,曲线下面积为 0.815)。**结论** 对早期帕金森病患者量化的步态参数可以反映其步态特征,早期帕金森病患者步态周期、步幅降低,步长偏差增大。

**【关键词】** 帕金森病;步态特征;定量分析;步态周期;步幅;步长

**【中图分类号】** R742.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110 (2021) 24-2145-07

### Quantitative analysis of gait characteristics in patients with early Parkinson's disease

ZHANG Yang, JIANG Sen, LIU Na, QIAN Xiaojuan, YANG Xinling

The Second Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the gait characteristics of patients with early Parkinson's disease. **Methods** Fifty-one patients with Parkinson's disease (PD) admitted to the Department of Neurology of the Second Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from June 2020 to September 2021 (H-Y rating  $\leq 2.5$ ), and healthy people who came for physical examination or came from society during the same period were enrolled as the control group. GaitWatch 3d gait motion capture and training system was used to collect the gait data, and the quantitative and correlation analysis of each gait data was carried out. **Results** The gait cycle of PD group was lower than that of the control group ( $(1.41\pm 0.698)$  s vs  $(1.43\pm 0.586)$  s,  $P=0.004$ ), and the step deviation of PD group was higher than that of the control group ( $(7.69\pm 11.415)$  cm vs  $(3.15\pm 3.121)$  cm,  $P=0.007$ ). The step length of PD group was lower than that of the control group ( $(62\pm 40)$  cm vs  $(88\pm 17)$  cm,  $P<0.001$ ). There were no significant differences in step frequency, step speed, strut phase and swing phase between the PD group and

基金项目:国家自然科学基金(编号:81960243);新疆维吾尔自治区科技援疆计划项目(编号:2019E0280)

作者简介:张杨,Email:457366199@qq.com

<sup>△</sup>通信作者:杨新玲,Email:457366199@qq.com

control group ( $P \geq 0.05$ ). Compared with the control group, stride length was positively correlated with Parkinson's disease, and step deviation was negatively correlated with Parkinson's disease. ROC curve analysis showed that the optimal cut-off value for step size deviation, the best cutoff value to distinguish PD group from control group was 3.5 cm (sensitivity was 0.392, specificity was 0.362, area under curve was 0.343). For stride length, the best cutoff value to distinguish PD group from control group was 68 cm (sensitivity was 0.936, specificity was 0.608, area under curve was 0.815). **Conclusion** Quantified gait parameters can reflect the gait characteristics of early PD patients, gait cycle and stride length decrease, and step deviation increases.

**【Key words】** Parkinson's disease; Gait feature; Quantitative analysis; Gait cycle; Stride length; Step deviation

帕金森病 (Parkinson's disease, PD) 是一种老年退行性疾病, 由于中脑黑质中多巴胺能神经元的病理生理学损失或变性以及神经元路易体的改变导致, 主要症状包括运动症状与非运动症状<sup>[1-4]</sup>。目前帕金森病已是影响老年人生活质量的第三大神经系统慢性疾病, 其中步态障碍是帕金森病患者运动症状中的常见表现之一, 更是导致帕金森病患者生活质量下降的重要原因之一。在早期帕金森病患者中, 步态障碍缺乏特异性, 一般只有症状非常明显或者频繁跌倒时才能发现并引起重视, 但此时已经使患者活动受限, 生活质量受到影响<sup>[5]</sup>。因此, 帕金森病步态障碍的早期诊断, 对于帕金森病患者的早治疗及预后有重要意义。

虽然步态障碍对患者的影响非常常见, 但目前没有明确的定量评估方法, 虽然有统一帕金森病评定量表、Berg 平衡量表、起立-行走计时测试等评估方式, 但评估结果主观性较大, 准确性和客观性不能得到保障<sup>[6]</sup>。目前针对帕金森病步态参数的主流研究以光学动作捕捉技术为主<sup>[7]</sup>, 但其占地面积大, 对人员要求高, 且大部分医疗机构不能支持此类检查, 故使用的是相对便携的且更加适用于大部分医疗机构的 GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统。

GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统

是一套目前较为便携的步态检测系统, 相比光学运动捕捉系统, 其便携性更加优化, 适合基层医院的推广和使用, 目前正在逐渐被应用于神经科、骨科、康复科等不同专业领域, 利用 GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统, 可以提供给临床医师量化的步态数据, 可以帮助医师进行客观的个体化评估。通过 GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统得到早期帕金森病患者的步态运动参数, 能早期诊断帕金森病, 并对其治疗康复方案提供指导性数据。本研究比较了早期帕金森病患者与健康人群的步态参数, 并使用 logistic 回归分析探讨步态参数与早期帕金森病的关系。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2020-06—2021-09 在新疆医科大学第二附属医院神经内科住院就诊的帕金森病组患者 51 例, 其中男 36 例, 年龄为  $(67 \pm 20)$  岁, 病程  $(5.88 \pm 5.847)$  a, H-Y 评分  $(1.69 \pm 0.648)$  分, UPDRS 量表第三部分评分  $(21 \pm 14)$  分; 将同时期前来体检或来自社会的健康人群 47 例作为对照组, 其中男 25 例, 年龄为  $(66 \pm 6)$  岁。所有患者详细询问高血压史、神经疾病史、吸烟史、饮酒史等一般资料。帕金森病组与对照组年龄、性别、吸烟史、饮酒史方面差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 2 组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between the two groups

组别	<i>n</i>	年龄/岁	性别(男)	吸烟[ <i>n</i> (%)]	饮酒[ <i>n</i> (%)]	病程/ <i>a</i>	H-Y 评分 /分	UPDRS-III 评分/分
帕金森 病组	51	67±20	36	9(17.6)	8(15.7)	5.88±5.847	1.69±0.648	21±14
对照组	47	66±6	25	8(17.0)	6(12.8)			
$\chi^2$ 值		-0.463	3.14	0.007	0.170			
<i>P</i> 值		0.643	0.076	0.935	0.680			

**1.2 纳入标准** (1)根据英国 Brainbank 诊断标准确诊为原发性帕金森病患者<sup>[8]</sup>; (2) Hoehn-Yahr(H-Y 分级≤2.5 级)的早期帕金森病患者<sup>[9]</sup>; (3)无需借助任何辅助器具可独立行走; (4)接受抗帕金森药物治疗且症状已控制稳定。

**1.3 排除标准** (1)帕金森综合征患者,即因外伤、肿瘤、药物、血管因素等所致者; (2)有明显听力(和)或视力障碍、精神疾病、认知功能异常等影响配合者; (3)有其他影响步行的骨关节、下肢血管、外伤性疾病者; (4)有严重心、肺功能疾病者; (5)有可影响行走状态的躯体疼痛症状者。

本研究通过新疆医科大学第二附属医院伦理委员会审批,所有参与者均对本研究知情配合,并签署知情同意书。

**1.4 量表评估** 所有 PD 患者均采用 UPDRS-III 进行运动功能的评定, H-Y 分级评定, 采用蒙特利尔认知功能评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)评估认知功能, 以确保患者认知功能可以配合试验完成, 以上评估均在分组前完成。

**1.5 试验设备** 采用 GaitWatch 三维步态动作捕捉与训练系统, 该系统通过佩戴位于腰部、左右下肢近心端、膝关节、足背的感应装置, 采集所有帕金森病组及对照组患者直线 10 m 行走的步态数据: 步长, 步速, 步频, 步行

周期, 单支撑相, 双支撑相等, 对每位患者进行至少 3 次重复测试数据<sup>[25]</sup>, 以确保结果的准确性。

**1.6 统计学方法** 使用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。首先通过分析方法检测定量数据的正态性。当变量符合正态分布时, 以均值±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示, 使用单因素方差分析比较多组间的平均值, 2 组间比较采用 *t* 检验。当变量不是正态分布时, 以中位数(四分位数间距)表示, 使用 Mann-Whitney *U* 检验进行 2 组间的比较。采用 ROC 曲线分析估计变量的诊断价值。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 2 组间步态数据比较** 帕金森病组步态周期较对照组降低[分别为(1.41±0.698) s、(1.43±0.586) s,  $P=0.004$ ], 帕金森病组步长偏差较对照组增大[分别为(7.69±11.415) cm、(3.15±3.121) cm,  $P=0.007$ ], 帕金森病组较对照组步幅降低[(62±40) cm, (88±17) cm,  $P<0.001$ ], 帕金森病组与对照组间步频、步速、支撑相、摆动相比较差异无统计学意义( $P\geq 0.05$ )。见表 2。

**2.2 logistic 回归分析** 纳入 51 例帕金森病患者, 47 例健康对照, 以组别为因变量, 将之前单因素分析结果差异有统计学意义的步态周期、步长偏差和步幅作为自变量, 结果显示

步幅与帕金森病呈正相关,步长偏差与帕金森病呈负相关。见表 3。

表 2 帕金森病组与对照组间步态数据比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

Table 2 Comparison of gait data between PD group and control group ( $\bar{x}\pm s$ )

项目	帕金森病组(n=51)	对照组(n=47)	Z/t 值	P 值
步频/min	85±36	96±29	1.608	0.108
步态周期/s	1.41±0.698	1.43±0.586	-0.126	0.004
步幅/cm	62±40	88±17	5.371	0.001
步速/(cm/s)	46±31	56±46	2.05	0.04
步长偏差/cm	7.69±11.415	3.15±3.121	2.635	0.007
双支撑相/%	18±9	18±5	0.078	0.937
左支撑相/%	60±10	60±9	-0.635	0.526
右支撑相/%	59±8	58±7	-0.171	0.864
右摆动相/%	41±8	40±9	-0.856	0.392
左摆动相/%	40±10	42±7	1.382	0.167

表 3 logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis

项目	B	S.E.	Wald	OR	P	95% CI	
						下限	上限
步幅	0.051	0.012	17.213	1.052	< 0.001	1.027	1.078
步长偏差	-0.161	0.068	5.524	0.851	0.019*	0.745	0.974
步态周期	0.412	0.468	0.776	1.51	0.378	0.603	3.78
常量	-4.004	1.173	11.647	0.018	0.001		

**2.3 步幅与步态周期的 ROC 曲线分析** 采用 ROC 曲线评估步幅与步长偏差的诊断价值,对于步长偏差,当约登指数最大为 0.246 时,区分帕金森病组与对照组的最佳截止值为 3.5 cm,取此值的灵敏度为 0.392,特异度为 0.362,曲线下面积为 0.343。对于步幅,当约登指数最大为 0.544 时,区分帕金森病组与对照组的最佳截止值为 68 cm,取此值的灵敏度为 0.608,特异度为 0.936,曲线下面积为 0.815。见图 1。

### 3 讨论

帕金森病起病隐匿,随着病程逐渐进展,逐渐影响患者生活质量,并给患者及其家庭带来逐渐加重的负担。帕金森病运动障碍症状较为复杂,特别是僵直型和混合型起病的帕金森病容易被误诊或漏诊<sup>[10]</sup>。随着对帕金森病

研究的不断深入,非运动症状对于帕金森病的早期诊断有重要价值,但其往往发现较晚,且特异性不高。本研究发现,步态周期、步幅、步长偏差等步态特征的改变在帕金森病诊断和治疗中存在巨大的潜在价值。将步态特征量化可以分析早期帕金森病患者步态的特点,这对于进一步研究帕金森病步态障碍有重要意义。但目前尚无统一的步态障碍定量的标准,同时不同的步态分析仪器其参数也不尽相同,需要制定一个统一的标准<sup>[11]</sup>。

既往国内外对帕金森病步态定量分析的研究表明,与相同年龄段的健康人群比较,早期帕金森病患者在步速、步频、步长、支撑相时长、摆动相时长等多个步态定量参数均发生改变<sup>[13-14]</sup>。然而步速、步频、步长等指标降低并不具备特异性,很多疾病可以导致此类

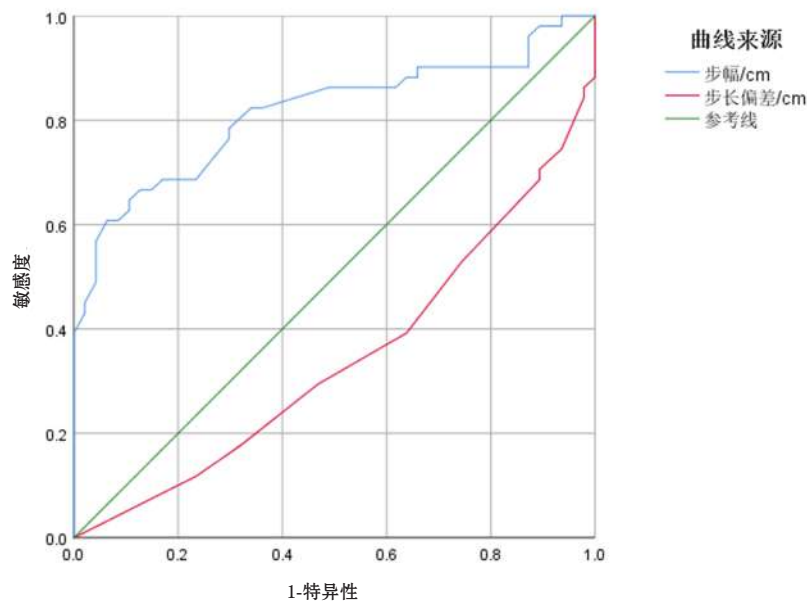


图1 ROC 曲线分析

Figure 1 ROC curve analysis

改变<sup>[15-17]</sup>,目前认为早期帕金森病步态的特征性改变表现在摆臂幅度、对称性、协调性的减少等方面<sup>[18-19]</sup>,暂未发现早期帕金森病在不同分型间步态障碍的差别<sup>[27]</sup>。研究表明,正常人步态控制的功能神经解剖学主要涉及三方面:多种感觉信息整合过程、步态自动化过程及认知过程<sup>[20]</sup>。目前研究认为,早期帕金森病患者步态障碍是由于黑质致密部的多巴胺能神经元丢失导致基底节运动功能异常,从而使步态自动化过程出现障碍<sup>[21]</sup>,导致步行这种无意识的节律性动作异常,通过MRI可发现帕金森病患者出现多个脑区萎缩,并有侧向改变的迹象<sup>[22]</sup>。功能MRI研究显示,帕金森病患者在步态任务中功能连接改变<sup>[23]</sup>,前额叶激活增加<sup>[24]</sup>,反映了患者认知的增加,甚至在步态准备阶段也是如此。本研究发现,早期帕金森病患者比对照组步态周期、步幅降低,步长偏差增高。与对照组比较,帕金森病组步幅与帕金森病呈正相关,步长偏差与帕金森病呈负相关。ROC曲线提示步幅与步长偏差均对早期帕金森病的诊断存在一定价值。

早期帕金森病患者通常黑质纹状体系统为非对称受累,故其在早期往往是下肢单侧受到影响,从而降低步幅、步态周期,并增大步长偏差。本研究未发现早期帕金森病患者步频、步速、支撑相、摆动相之间的差异,考虑可能与样本量小有关。

本研究存在一定局限性:第一,整体而言,此次试验样本量相对来说较小,后期需要继续增加样本量,提高结果的可靠性;第二,GaitWatch三维步态动作捕捉与训练系统相较于光学运动捕捉系统,在满足便携性的同时,其准确性相对降低,且无法获得步宽、足偏角、上肢运动等数据;第三,穿戴性设备可能会对部分实验对象造成不适感,在行走过程中的习惯较平时有所改变,虽然提前让实验对象进一步适应,但仍旧不能排除其造成的影响。

早期帕金森病的步态特征定量能够对帕金森病患者进行早期诊断、症状监测、治疗管理、康复和跌倒风险评估以及预防<sup>[26]</sup>,从而尽早提供有效治疗和降低医疗成本。如果条件允许,每一位帕金森病患者的临床资料和研究

评估都应包含步态定量特征<sup>[12]</sup>,因这些测量可以提供关于症状随时间变化的客观且准确的信息,从而通过对特定的步态障碍、潜在机制及治疗方式之间的联系,可将适合于所有人的方法转向个体化治疗。

#### 4 参考文献

- [1] MUSULIN I. The Effects of Exercise on People with Parkinson's Disease—Review[J]. *Adv Parkinson's Dis*, 2017, 6(1): 24–28. DOI: 10.3233/JPD-160790.
- [2] 张辉,王运良. 帕金森病的发病机制及治疗进展[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(15): 1371–1380. DOI:10.12083/SYSJ.2021.15.026.
- [3] MAGRINELLI F, PICELLI A, TOCCO P, et al. Pathophysiology of Motor Dysfunction in Parkinson's Disease as the Rationale for Drug Treatment and Rehabilitation[J]. *Parkinsons Dis*, 2016, 2016: 9832839. DOI: 10.1155/2016/9832839.
- [4] 丁妹,朱雨婷,陆珍辉,等. 影响帕金森病患者认知功能的独立危险因素分析[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(18): 1590–1595. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.17.006.
- [5] MIRELMAN A, BONATO P, CAMICIOLI R, et al. Gait impairments in Parkinson's disease[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(7): 697–708. DOI: 10.1016/S1474-4422(19)30044-4.
- [6] OPARA J, MAŁECKI A, MAŁECKA E, et al. Motor assessment in Parkinson's disease[J]. *Ann Agric Environ Med*, 2017, 24(3): 411–415. DOI:10.5604/12321966.1232774.
- [7] ZANARDI A P J, DA SILVA E S, COSTA R R, et al. Gait parameters of Parkinson's disease compared with healthy controls: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 752. DOI:10.1038/s41598-020-80768-2.
- [8] POSTUMA R B, BERG D, STERN M, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease[J]. *Mov Disord*, 2015, 30(12): 1591–1601. DOI:10.1002/mds.26424.
- [9] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组. 中国帕金森病治疗指南(第三版)[J]. *中华神经科杂志*, 2014, 47(6): 428–433.
- [10] LI G, MA J, CUI S, et al. Parkinson's disease in China: a forty-year growing track of bedside work[J]. *Transl Neurodegener*, 2019, 8: 22. DOI:10.1186/s40035-019-0162-z.
- [11] MORRIS R, HICKEY A, DEL DIN S, et al. A model of free-living gait: A factor analysis in Parkinson's disease[J]. *Gait Posture*, 2017, 52: 68–71. DOI:10.1016/j.gaitpost.2016.11.024.
- [12] PERERA S, PATEL K V, ROSANO C, et al. Gait Speed Predicts Incident Disability: A Pooled Analysis[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2016, 71(1): 63–71. DOI: 10.1093/gerona/glv126.
- [13] PENKO A L, STREICHER M C, KOOP M M, et al. Dual-task interference disrupts Parkinson's gait across multiple cognitive domains[J]. *Neuroscience*, 2018, 379: 375–382. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.03.021.
- [14] SPECIALI D S, DE OLIVEIRA E M, DOS SANTOS N M, et al. Use of the Gait Deviation Index and spatiotemporal variables for the assessment of dual task interference paradigm[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2013, 17(1): 19–27. DOI:10.1016/j.jbmt.2012.03.001.
- [15] ALBANI G, CIMOLIN V, FASANO A, et al. “Masters and servants” in parkinsonian gait: a three-dimensional analysis of biomechanical changes sensitive to disease progression[J]. *Funct Neurol*, 2014, 29(2): 99–105.
- [16] GALNA B, LORD S, BURN D J, et al. Progression of gait dysfunction in incident

- Parkinson's disease: impact of medication and phenotype[J]. *Mov Disord*, 2015, 30(3): 359–367. DOI:10.1002/mds.26110.
- [17] PISTACCHI M, GIOULIS M, SANSON F, et al. Gait analysis and clinical correlations in early Parkinson's disease[J]. *Funct Neurol*, 2017, 32(1): 28–34. DOI: 10.11138/fneur/2017.32.1.028.
- [18] HUANG X, MAHONEY J M, LEWIS M M, et al. Both coordination and symmetry of arm swing are reduced in Parkinson's disease[J]. *Gait Posture*, 2012, 35(3): 373–377. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.10.180.
- [19] BARON E I, MILLER KOOP M, STREICHER M C, et al. Altered kinematics of arm swing in Parkinson's disease patients indicates declines in gait under dual-task conditions[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2018, 48: 61–67. DOI:10.1016/j.parkreldis.2017.12.017.
- [20] WU T, HALLETT M, CHAN P. Motor automaticity in Parkinson's disease[J]. *Neurobiol Dis*, 2015, 82: 226–234. DOI: 10.1016/j.nbd.2015.06.014.
- [21] BACANOIU M V, MITITELU R R, DANOIU M, et al. Functional Recovery in Parkinson's Disease: Current State and Future Perspective [J]. *J Clin Med*, 2020, 9(11): 3413. DOI: 10.3390/jcm9113413.
- [22] GILAT M, EHGOETZ MARTENS K A, MIRANDA-DOMÍNGUEZ O, et al. Dysfunctional Limbic Circuitry Underlying Freezing of Gait in Parkinson's Disease [J]. *Neuroscience*, 2018, 374: 119–132. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.01.044.
- [23] LI J, YUAN Y, WANG M, et al. Decreased interhemispheric homotopic connectivity in Parkinson's disease patients with freezing of gait: A resting state fMRI study [J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2018, 52: 30–36. DOI:10.1016/j.parkreldis.2018.03.015.
- [24] WANG M, JIANG S, YUAN Y, et al. Alterations of functional and structural connectivity of freezing of gait in Parkinson's disease [J]. *J Neurol*, 2016, 263(8): 1583–1592. DOI: 10.1007/s00415-016-8174-4.
- [25] DETRY M A, MA Y. Analyzing Repeated Measurements Using Mixed Models [J]. *JAMA*, 2016, 315(4): 407–408. DOI: 10.1001/jama.2015.19394.
- [26] ESPAY A J, BONATO P, NAHAB F B, et al. Movement Disorders Society Task Force on Technology. Technology in Parkinson's disease: Challenges and opportunities [J]. *Mov Disord*, 2016, 31(9): 1272–1282. DOI: 10.1002/mds.26642.
- [27] DJURIĆ-JOVIČIĆ M, BELIĆ M, STANKOVIĆ I, et al. Selection of gait parameters for differential diagnostics of patients with de novo Parkinson's disease [J]. *Neurol Res*, 2017, 39(10): 853–861. DOI: 10.1080/01616412.2017.1348690.

(收稿 2021-11-16)

本文引用信息:张杨,蒋森,刘娜,钱小娟,杨新玲.早期帕金森病患者步态特征定量分析[J].中国实用神经疾病杂志,2021,24(24):2145–2151. DOI:10.12083/SYSJ.2021.24.014

Reference information:ZHANG Yang,JIANG Sen,LIU Na,QIAN Xiaojuan,YANG Xinling. Quantitative analysis of gait characteristics in patients with early Parkinson's disease [J]. *Chinese Journal of Practical Nervous Diseases*, 2021, 24(24): 2145–2151. DOI:10.12083/SYSJ.2021.24.014