

·临床研究·

视听觉综合提示训练对改善帕金森病患者运动功能的作用*

徐智勤¹ 栾 烁² 朱小霞³ 高宏宇¹ 王伟铭³ 陈 曦^{1,4}

摘要

目的:探讨视听觉综合提示训练对帕金森病患者平衡和步行等运动功能的影响。

方法:选择原发性帕金森病患者25例(Hoehn-Yahr分期1.5—3期),其中男性15例,女性10例,平均年龄(62.23±10.79)岁。接受1周的住院强化视听觉综合提示训练后,为患者制定家庭训练处方,指导患者应用该方法家庭训练3个月。训练前、训练1周后、训练3个月后分别进行站立位足底压力测定、Berg平衡量表、起立—行走测试、6min步行试验、统一的帕金森病评定量表评估以及三维步态分析,比较训练前后平衡及步态时空参数的变化。

结果:训练1周后及训练3个月后与训练前比较,患者平衡功能、起立—行走测试、6min步行距离、UPDRS II和III及跨步长、步速等指标均有显著改善($P < 0.05$)。训练1周后及训练3个月后与训练前比较,平衡能力分别提高9.21%和14.91%,跨步长分别提高13.41%和26.83%,步行速度分别提高14.86%和28.38%。此外,患者6min步行距离分别提高10.08%和25.89%,起立—行走计时时间分别减少6.63%和14.90%。训练1周后与训练3个月后比较,各指标差异无显著性意义($P > 0.05$)。

结论:药物治疗基础上运用视听觉综合提示可显著改善帕金森病患者平衡功能及步行能力,有助于提高患者运动功能。

关键词 帕金森病;运动功能;步态;视觉提示;听觉提示

中图分类号:R742.5, R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2016)-10-1078-06

Visual and auditory cues improve motor function of patients with Parkinson's disease/XU Zhiqin, LUAN Shuo, ZHU Xiaoxia, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(10): 1078—1083

Abstract

Objective: To investigate the effect of visual and auditory cues on the improvement of motor function for patients with Parkinson's disease (PD)(e.g. balance and gait).

Method: Patients with idiopathic PD (15 men and 10 women; average age was 62.23±10.79 years) were enrolled in the study. After one-week reinforced visual and auditory cues training, the visual and auditory cues were used by patients as family therapy for three months. The plantar pressure measurement at standing position, Berg Balance Scale, Timed Up and Go test (TUGT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), and three-dimensional gait performance analysis were carried out before training, one week and three months after training, respectively, to evaluate the improvement on balance and gait performance from aspects of temporal and spatial alteration.

Result: After one week and three months training, the balance and gait performance improved significantly compared with before training ($P < 0.05$). After one week and three months training, patients' balance ability was improved by 9.21% and 14.91%, stride length was improved by 13.31% and 26.83%, gait velocity was im-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.10.005

*基金项目:国家自然科学基金项目(81301675);广东省科技计划项目(2013B022000058);广东省大学生创新训练计划项目(1055812303)

1 中山大学附属第一医院康复医学科,广州,510080; 2 广东省第二人民医院康复科; 3 中山大学附属第六医院康复科; 4 通讯作者
作者简介:徐智勤,男,物理治疗师; 收稿日期:2016-01-21

proved by 14.86% and 28.38%, 6MWT was improved by 10.08% and 25.89%, and TUGT was decreased by 6.63% and 14.90%, respectively. However, there were no significant difference between the assessment results for one week and three months training ($P > 0.05$).

Conclusion: Based on medical treatment, the visual and auditory cues could significantly improve PD patients' motor function, such as the balance and gait performance.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510080

Key word Parkinson's disease; motor function; gait; visual cues; auditory cues

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是一种以静止性震颤、强直、运动迟缓及姿势异常为主要特征的中枢神经系统变性疾病,多发于老年人。其中姿势和步态异常是造成患者平衡障碍和跌倒发生的主要原因^[1]。据预测,随着中国人口老龄化的发展,2030年中国帕金森病病例数约 4.94×10^6 例,全球约 8.67×10^6 例,中国帕金森病患者占全世界患者数一半^[2]。作为一种低病死率、高病残率的中枢神经系统变性疾病,帕金森病严重威胁老年人群的健康。患者人均经济负担分别占家庭年收入和人均年收入的24.2%和57.0%,给社会和医疗机构带来挑战^[3]。有研究证实视觉、听觉等外界提示有助于改善患者运动和语言等功能^[4-5],在专业医疗机构中康复治疗师指导帕金森病患者规律利用节律提示进行训练,可显著改善其步行功能,减少跌倒发生^[6-8]。但我国90%帕金森病患者住在家中,鉴于一些训练技术的专业性过强难以家庭内完成,加之许多患者的家庭照顾者缺乏居家疾病管理相关安全知识和康复训练基本技术,无法给患者以家庭延续性治疗,影响了患者的康复进程,易导致患者并发症的发生和病情进展较快^[9]。积极寻求一种简单易行可以家庭完成的帕金森康复训练技术势在必行。本研究在短期住院强化视听觉综合提示训练基础之上,通过指导并追踪患者进行家庭自助式综合提示训练,考量训练前后运动功能的改善情况,探索简单、有效、易于患者及其照料者掌握的帕金森病家庭康复训练方法,以期进一步改善患者运动和生活自理能力,提高其生存质量,促进社会参与。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择2014年4月—2015年10月,中山大学附属

第一医院康复医学科住院或门诊就诊的原发性帕金森病患者25例,其中男性15例,女性10例;入组时年龄39—78岁,平均年龄(62.23 ± 10.79)岁;病程5—14年,平均病程(6.31 ± 3.07)年。

纳入标准:①符合英国脑库原发性帕金森病诊断标准^[10],Hoehn-Yahr临床分期为1.5—3期;②可独立步行;③愿意配合检查和训练,并签署知情同意书。排除标准:①听力或视力障碍;②认知障碍。

1.2 训练方法

患者住院强化训练7天,期间借助虚拟步态训练系统(GaitAid Virtual Walker,产自以色列),使患者在训练中通过所佩戴的眼镜和耳机装置接收视觉和听觉提示,并在康复治疗师的监护下于长30m的空旷场地进行步行训练,每天训练时间为60min,依患者耐力不同分3—5个单元完成。训练环境宽敞明亮、排除障碍物并保持安静,使患者集中精力于综合视觉和听觉提示。治疗师在训练前充分向患者介绍设备使用方法,利用虚拟步态训练眼镜中看到的相对固定的黑白相间的方格界面提示加大步幅;利用耳机设备感应步行中重心变化,确保患者听到的声音与自身实际步频保持一致,从而形成听觉反馈,防止因步频过快而前冲跌倒^[11]。患者的陪护人员(固定与患者生活在一起的家人或保姆)被要求每天来陪患者进行训练,熟悉训练方法。

7天强化训练后,医生和治疗师根据住院期间实际测得的患者运动参数制定家庭运动处方。向患者及其陪护人员详细讲解具体训练方法、训练量及注意事项,确保患者完全理解并进行家庭训练。家庭训练用大于患者实测步长20%间隔的地面划线代替虚拟步态训练系统的视觉提示,每条线长20cm,宽3cm;用略低于正常老年人的步行频率100步/分^[12]的频率制作节拍器进行听觉提示。患者在家庭或小区

内长约30m的空旷场地进行步行训练,要求以不超过节拍器所设定节律的步频每一步踩一条线行走,每天训练60min,可依据患者体力情况分次完成,每周训练5天。陪护人员每天如实记录家庭训练日记并每周陪患者门诊复诊1次。随访3个月,每周由专门的医生和治疗师检查患者的训练日记,根据患者情况进行动作纠正和运动处方调整。对于个别实在无法返院随访的患者,由康复医生和物理治疗师对患者进行电话咨询和入户随访,督促患者规范完成相关训练,并如期复诊。本组患者服用的抗帕金森病药物主要有美多巴、息宁、多巴胺受体激动剂和分解抑制剂等,整个训练和随访期间,患者按照入组时的药品种类和剂量继续服用抗帕金森病的药物,不进行药物调整。

1.3 评定方法

训练前、训练1周后及训练3个月后的随访评估均选择在清晨患者服用抗帕金森病药物之前进行。评估项目包括站立位足底压力测定、Berg平衡量表、统一的帕金森病评分量表(unified Parkinson's disease rating scale, UPDRS) II 和 III,起立—行走测试、6min步行试验及三维步态分析。

足底压力测定采用Gaitview足底压力测量仪及Gaitview分析软件(alFOOTs AFA-50 system, Seoul, 产自韩国)。静态足底压力测量时嘱受试者先放松休息5min,然后双侧裸足立于有效测量区域,双手自然下垂,平视前方,尽量放松并平静呼吸,待其站稳后继续以自然姿势站立约10s,记录受试者足底各区的压力情况。

三维步态分析采用英国Vicon三维运动学及动力学分析系统,包括硬件和软件两部分,分别进行步行时各体表标记点的运动轨迹和力的采集及处理。Vicon的Nexus系统检测研究对象的全身运动学参数:6部MX13红外线摄像机固定于室内墙上进行动作捕捉,采样频率为100Hz,35颗反光球直径25mm。动力学检测采用美国AMT OR6-7测力板2块(规格为464mm×508mm×83mm),采集频率为1000Hz。两者同时同步进行采集。受试者穿紧身衣,穿胶布鞋(以不影响踝关节和跖趾关节运动为度),按系统采集软件包Plug In Gait Full Body要求,将35颗反光球粘贴于被检查者的全身,自上而

下分别为:双侧前额外侧(太阳穴)和后枕,C7和T10,锁骨窝和胸骨柄,右侧背部,双侧肩峰、肘关节线外侧、腕关节线内外侧和第2掌指关节,双侧髂前上棘和髂后上棘、双下肢外侧大腿中点、膝关节线、外侧小腿中点、外踝、脚后跟和第2跖骨头。将测力台和摄像头进行校正后,研究对象站在测力台上建立静态模型,在长约11m装有测力台的地面上以常态速度和个人习惯方式平地来回步行20—30次。从采集的图像中选择步行时双下肢刚好分别踩在不同的力台上的步态作为研究的对象,时间段以每侧下肢从足触地到足离地一个完整的触地期作为研究范围,每例研究对象取4—5个时间段进行处理。

以上测试项目由指定的物理治疗师进行评估,每一例患者治疗前后的评定由同一位治疗师负责。足底压力测定和三维步态分析由我科专门负责相应机器的物理治疗师进行评定。负责评定的治疗师不参与训练。

1.4 统计学分析

使用SPSS 13.0统计分析软件,对训练前、训练1周后及训练3个月后不同时间点的同一参数数据进行重复测量的方差分析,在此基础上采用Bonferroni法校正检验水准,将同一检验项目三个时间点的的数据相互之间进行两两比较,双侧检验。

2 结果

2.1 平衡功能评估

帕金森病患者站立时重心前倾,步行时容易向前冲,训练后患者重心向后调整,平衡功能改善。训练前后静态足底压力的8区分布排列顺序有明显不同。训练前,双侧足底压力排序为:足后跟外侧>足后跟内侧>第2—第4跖骨>第5跖骨>第1跖骨>足掌中部>拇趾>第2—第5趾;训练1周后及3个月后双侧排序均为:足后跟外侧>足后跟内侧>第2—第4跖骨>第5跖骨>足掌中部>第1跖骨>拇趾>第2—第5趾,即前足掌内侧的第1跖骨压力排序后移,足掌中部的压力排序前移,说明患者静态站立时重心向后调整,帕金森病患者特异性的重心前倾姿势有所改善。治疗前后足底8区压力比较显示第5跖骨部压力在训练1周后及训练3个月后显著下降。第5跖骨位于双足最外侧,这个区域的压力

下降表明患者减少了站立位的左右摆动,重心控制水平改善。Berg平衡量表评分结果显示患者整体平衡功能提高,训练1周后平衡能力较训练前提高9.21%,训练3个月后较训练前提高14.91%。训练1周后与训练3个月后相比无显著性差异($P > 0.05$),说明家庭训练可以保持医院的治疗效果。见表1。

2.2 步行能力评估

训练1周后、训练3个月后与训练前比较,步态时空参数的改善除步频外均具有显著性差异($P < 0.05$);训练1周后与训练3个月后各指标比较,差异无显著性意义($P > 0.05$),说明家庭治疗保持了原有的治疗效果。步态分析结果示,训练1周后及训练3个月后与训练前比较,跨步长分别提高13.41%和26.83%,步行速度分别提高14.86%和28.38%。此外,患者6分钟步行距离分别提高10.08%和25.89%,起立一行走计时时间分别减少6.63%和14.90%,提示患者步幅、体位转移、转身能力及冻结步态均得到了不同程度的改善。见表2。

2.3 UPDRS II和III改善

训练1周后与训练前比较UPDRS II和III分别改善15.36%和18.86%($P < 0.05$),训练3个月后分别改善39.30%和37.13%($P < 0.05$),训练1周后与训练3月后之间无显著性差异。单项评分的统计结果显示,症状改善主要集中在穿衣、行走、手指拍打实验、腿部灵活性、姿势、步态和躯体少动方面。见表3。

表1 治疗前后帕金森病患者足底第5跖骨部压力和Berg平衡量表评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	治疗前	治疗1周后	治疗3个月后
足底第5跖骨部压力(kPa)	25.05±5.11	20.20±3.23 ^①	15.60±3.12 ^②
Berg平衡量表评分	45.15±8.48	49.31±5.12 ^①	51.88±3.47 ^②

①:训练1周后与训练前比较 $P < 0.05$;②:训练3月后与训练前比较 $P < 0.05$

表2 训练前、训练1周后及训练3个月后步态参数比较($\bar{x} \pm s$)

项目	治疗前	治疗1周后	治疗3个月后
起立行走测试(s)	15.37±5.25	14.35±5.61 ^①	13.08±4.40 ^②
6分钟步行距离(m)	315.66±116.70	347.50±97.81 ^①	397.38±75.74 ^②
步频(步/min)	106.83±12.57	109.25±13.45	108.46±16.33
跨步长(m)	0.82±0.11	0.93±0.09 ^①	1.04±0.12 ^②
步速(m/s)	0.74±0.16	0.85±0.17 ^①	0.95±0.17 ^②

①:训练1周后与训练前比较 $P < 0.05$;②:训练3月后与训练前比较 $P < 0.05$

表3 训练前、训练1周后及训练3个月后UPDRS评估($\bar{x} \pm s$)

项目	训练前	训练1周后	训练3个月后
UPDRS-II	15.04±5.40	12.73±5.15 ^①	9.13±3.68 ^②
UPDRS-III	28.63±5.26	23.23±4.32 ^①	18.00±3.88 ^②

①:训练1周后与训练前比较 $P < 0.05$;②:训练3月后与训练前比较 $P < 0.05$

3 讨论

3.1 视听觉综合提示改善患者平衡能力

足底压力测定和Berg平衡量表在帕金森病的研究中已被证实具有良好的信度和效度^[13]。正常人站立时足底承受的压力较大,峰值压力位于足跟部位,帕金森病患者往往在不自主情况下形成宽基底支撑面,前足负重增加^[14]。第5跖骨是足掌外侧主要承重区域,本课题组前期研究显示帕金森病患者该区域压力增加,促进了重心前倾和不稳^[15]。视觉提示为患者进行重心控制提供了可视的目标,外源性节律提示尤其是音乐节拍的提示可在一定程度上解除患者的精神紧张等因素,从而更轻松地控制重心、保持平衡^[16]。同时,步行训练中的视觉提示加大患者步幅,也促进重心向后移动,改善平衡^[17]。本组患者训练后第1跖骨区域压力排位下降而中足部的压力排位提前,提示视听觉综合训练促进重心向后移动,减轻了身体前倾,增加了站立和行走的稳定性。

3.2 视听觉综合提示训练改善患者步幅、起步和运动转换能力

平衡的改善可使患者单足支撑期延长,有助于摆动足更加充分地跨步,避免碎步前冲的慌张步态;另一方面,平衡能力增强降低了老年人的跌倒风险,提高患者的康复信心,促进步行^[18]。起立一行走测试和6min步行试验除了行走还包含坐立位体位转移、行走转身等多个运动过程。帕金森病患者的转换障碍和启动困难造成起立一行走时间延长和6min步行距离短,训练后患者这两个指标的改善体现在患者步幅、转身、启动动作等多方面的进步。这是因为帕金森病的冻结步态、转身障碍等与精神因素有关,在患者转身、起步过程中视觉提示提供了可视性目标,声学节律提示在一定程度上缓解患者精神紧张,从而促进更轻松地完成步行,减少冻结^[19]。此外,6min步行试验还可以评价患者的运动耐力和心肺功能,训练1周后及3个月后,患者6min步行距

离分别提高 10.08%和 25.89%，中途休息次数减少，表明规律的视听觉综合提示训练增强了患者运动耐力，实现了整体运动机能的提高。

有研究显示中老年人平均步行频率为(108.9±7.80)步/分^[12]，本组帕金森病患者训练前后步幅、步速等均有显著改善，但是步频无明显变化，这主要是因为本试验三个时点帕金森病患者步频与正常老年人基本相当。作为主要改善步频的听觉提示，虽然没有显著降低步频，但其在改善动态平衡和节律代偿中的作用仍是不容忽视的。有学者报导视听觉提示较少影响时间参数，它通过改善步行空间参数从而促进步行能力的改善^[11]。

3.3 视听觉综合提示改善患者综合运动能力。

UPDRS II 和 III 分别为患者日常生活活动评分和运动评分，后者可进一步细化为不同肢体的静止性震颤、动作性震颤、强直及动作迟缓。统计结果显示，训练 1 周后及训练 3 月后，患者 UPDRS II 和 III 均有显著改善，且这种改善在短期强化训练转为家庭训练后可继续维持，主要体现在穿衣、行走、手指拍打、腿部灵活性、姿势、步态和躯体少动方面。这些方面的进步对于提高患者转身、进食、穿衣等日常生活自理能力有较大的临床意义。

3.4 视听觉综合提示改善患者运动功能的机制

基底核与次级运动皮质相互作用是运动控制的重要环节，帕金森病患者运动功能障碍的一个主要原因是基底核内部节律紊乱^[20]，研究证实外来的节律性刺激可以对其进行反馈代偿，促进患者利用后馈和本体感觉反馈系统进行功能重组，提高平衡和步态等运动功能^[21]。Beaucher^[22]对此曾提出“磁效应(magnet effect)”学说，他发现步态变异的减小与倒数数的改善相关，并且认为这是因为“磁效应”，即两种事物之间的一种生物学的共振趋向，又名谐振效应。听觉提示以一种接近步行固有频率的频率发放提示，患者能够借“磁效应”来改善异常的步行节律。另外视觉、听觉和本体觉提示均属节律性提示，它们通过作用于未被该病影响的神经通路，或激发不需意识参与也可自觉完成的反馈动作，代偿基底核节律缺陷从而增强运动性能^[7]。其中，视、听觉提示操作方便、形式多样、临床应用更广，在克服步行启动困难、冻结现象及步态前冲中有较好治疗

效果^[7-8,23]。视觉提示有利于患者进行参照对比，保持平衡、增大步幅，并有助于起步和减少行走过程中的冻结；听觉提示有利于患者保持相对稳定的运动频率、减少前冲，同时帮助患者放松精神、控制重心、改善平衡。此外，帕金森病患者比正常老年人步态变异性增大，为防止跌倒，患者在步行过程中需要更多注意力以确保稳定；节律提示可通过外部节律帮助减少步行变异率，降低步行过程中的注意力需求，降低跌倒风险，促进运动功能的提高^[4]。

3.5 家庭视听觉综合训练简单易行疗效确切

我国帕金森病的康复尚处于开始阶段，技术尚在摸索，患者和家人的康复意识有待提高。目前只有少部分康复机构开展帕金森病康复训练，但是受时间、场地和技术条件的限制，患者回归家庭和社区后难以长期坚持。本研究所使用的综合视听觉提示容易在日常生活中找到相应替代方式，如：用地面划线提供视觉提示；用特定频率节拍器产生听觉提示。通过短期住院规律治疗和学习，让患者和家属充分掌握方法要领，出院前由医生和治疗师指导家庭训练方法、制定家庭训练处方，由照料者督促和陪伴，保障家庭训练质量；定期门诊复诊进行纠正和随访，保证患者进行正确的针对性训练，更有效提高其运动功能。需要提出注意的是，家庭训练部分应对患者及其陪护人员做好安全宣教并针对病情制定个体化训练方案。首先，以安全为首要原则，根据患者体力适当安排休息，谨防患者摔倒及过度疲劳；其次，地面划线间距应根据患者实际步长（即跨步长的一半）进行计算，在门诊随访时根据最新的评估结果随时调整；最后，帕金森病患者有双重任务同时执行的障碍，训练前应充分讲解和示范，使患者完全理解训练方法和意义，训练过程中不要经常打扰患者进行动作纠正，而是让患者注意力完全集中于自己的动作和外界视听觉提示。

作为神经系统退行性病，帕金森病的发展呈渐进性加重，且必然会从单侧症状进展到双侧受累，目前即使通过正规的药物和手术治疗，仍无法阻止病程进展^[24]。本研究过程中患者没有进行药物调整，不存在运动功能自然改善的可能^[25]，故在借鉴国外同类研究基础上^[26-28]，本研究选择了自身治疗前后对照设计。研究证明综合视听觉提示可改善帕金森

病患者运动功能,短期强化训练配合家庭自助式训练的方式简单易行、安全有效、有利于患者充分发挥潜能,可以较长时限地提高患者运动功能,提高生活自理和社会参与能力。

参考文献

- [1] Fritsch T, Smyth KA, Wallendal MS, et al. Parkinson disease: research update and clinical management[J]. *South Med J*, 2012, 105(12):650—656.
- [2] Dorsey ER, Constantinescu R, Thompson JP, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030[J]. *Neurology*, 2007, 68(5):384—386.
- [3] 王刚,郑沛,谭玉燕,等.帕金森病疾病经济负担及相关因素的调查研究[J].*中华神经科杂志*,2006,39(5):336—337.
- [4] Chen X, Zhu X, Wang EQ, et al. Sensorimotor control of vocal pitch production in Parkinson's disease[J]. *Brain Res*, 2013, 1527(8):99—107.
- [5] Hayashi A. Update rehabilitation therapy for Parkinson disease[J]. *Rinsho Shinkeigaku*, 2013, 53(11):1046—1049.
- [6] Lee SJ, Yoo JY, Ryu JS, et al. The effects of visual and auditory cues on freezing of gait in patients with Parkinson disease[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91(1):2—11.
- [7] Ledger S, Galvin R, Lynch D, et al. A randomised controlled trial evaluating the effect of an individual auditory cueing device on freezing and gait speed in people with Parkinson's disease[J]. *BMC Neurol*, 2008, 8(12):46—52.
- [8] 廖新龙,姚龙腾.高龄帕金森病患者的生活质量及影响因素研究[J].*中国实用神经疾病杂志*,2014,17(7):27—29.
- [9] 何菁,龚丝语,徐筱春.社区居家帕金森病患者安全措施的建立与实施[J].*上海护理*,2014,14(3):71—73.
- [10] Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, et al. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinicopathological study of 100 cases[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1992, 55(3):181—184.
- [11] Spaulding SJ, Barber B, Colby M, et al. Cueing and gait improvement among people with Parkinson's disease: a meta-analysis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2013, 94(3):562—570.
- [12] Espay AJ, Baram Y, Dwivedi AK, et al. At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2010, 47(6):573—581.
- [13] Rochester L, Hetherington V, Jones D, et al. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(5):999—1006.
- [14] Mille ML, Creath RA, Prettyman MG, et al. Posture and locomotion coupling: a target for rehabilitation interventions in persons with Parkinson's disease[J]. *Parkinsons Dis*, 2012, (2012):754186.
- [15] 陈淑芳,毛玉琚,李咏雪,等.足底压力分析在帕金森病患者运动训练中的应用[J].*中国康复医学杂志*,2015,30(10):985—989.
- [16] Frazzitta G, Maestri R, Uccellini D, et al. Rehabilitation treatment of gait in patients with Parkinson's disease with freezing: a comparison between two physical therapy protocols using visual and auditory cues with or without treadmill training[J]. *Mov Disord*, 2009, 24(8):1139—1143.
- [17] Filippin NT, da Costa PH, Mattioli R. Effects of treadmill-walking training with additional body load on quality of life in subjects with Parkinson's disease[J]. *Rev Bras Fisioter*, 2010, 14(4):344—350.
- [18] Picelli A, Camin M, Tinazzi M, et al. Three-dimensional motion analysis of the effects of auditory cueing on gait pattern in patients with Parkinson's disease: a preliminary investigation[J]. *Neurol Sci*, 2010, 31(4):423—430.
- [19] Maitan I, Plotnik M, Merelman A, et al. Heart rate change with freezing of gait in patients with Parkinson's disease [J]. *Mov Disord*, 2010, 25(14): 2346—2354.
- [20] Błaszczyk JW, Orawiec R. Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: sway ratio analysis[J]. *Hum Mov Sci*, 2011, 30(2):396—404.
- [21] Lewis GN, Byblow WD, Walt SE. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues[J]. *Brain*, 2000, 123(Pt 10):2077—2090.
- [22] Beaucher O, Annweiler C, Bridenbaugh S, et al. Decrease of gait variability while counting backward in older adults: a marker of magnet effect [J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2010, 16(2): S1—S43.
- [23] 栾烁,高宏宇,朱晓霞,等.综合视听觉提示训练改善帕金森病患者足底压力分布[J].*中山大学学报医学科学版*,2014,35(6): 950—955.
- [24] 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3版)[J].*中华神经科杂志*,2014,47(6): 428—433.
- [25] 王维治.神经病学[M].第4版.北京:人民卫生出版社, 2001.206—213.
- [26] Bunting-Perry L, Spindler M, Robinson KM, et al. Laser light visual cueing for freezing of gait in Parkinson disease: A pilot study with male participants[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2013, 50(2):223—230.
- [27] Pilleri M, Weis L, Zabeo L, et al. Overground robot assisted gait trainer for the treatment of drug-resistant freezing of gait in Parkinson disease[J]. *J Neurol Sci*, 2015, 355(1—2):75—78.
- [28] Caudron S, Guerraz M, Eusebio A, et al. Evaluation of a visual biofeedback on the postural control in Parkinson's disease[J]. *Neurophysiol Clin*, 2014, 44(1):77—86.