

骨研究专题

视觉反馈下平衡训练对全膝关节置换术后患者
平衡能力及步行能力的影响王建建¹, 桑学涵¹, 孟兆祥¹, 陈岗², 周洪雨¹,
陈波¹, 王鑫¹, 金星¹

(扬州大学临床医学院, 1. 康复医学科, 2. 关节外科, 江苏扬州, 225000)

摘要:目的 探讨基于 D-WALL 系统的视觉反馈下平衡训练对全膝关节置换术(TKA)患者膝关节平衡功能及步行能力的影响。**方法** 选取 60 例 TKA 患者作为研究对象,按照随机数字表法分为视觉反馈组、常规平衡训练组和对照组,每组 20 例。对照组仅进行常规康复训练,视觉反馈组在对照组基础上增加视觉反馈下平衡训练,常规平衡训练组在对照组基础上进行常规平衡训练。治疗前和治疗 6 周后,使用 D-WALL 系统对 3 组患者进行平衡能力测试,并采用“起立—行走”计时测验(TUGT)评估 3 组患者步行能力。**结果** 治疗前,3 组患者 TUGT 结果和睁眼、闭眼状态的运动轨迹面积、运动轨迹周长比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 6 周后,3 组患者睁眼、闭眼状态的运动轨迹面积、运动轨迹周长均小于治疗前,且视觉反馈组小于对照组、常规平衡训练组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。治疗 6 周后,对照组、常规平衡训练组、视觉反馈组的 TUGT 结果依次为(14.1 ± 1.9)、(11.7 ± 2.5)、(9.6 ± 2.0) s,分别短于治疗前的(17.2 ± 3.0)、(15.8 ± 3.6)、(16.9 ± 4.4) s,且视觉反馈组短于对照组、常规平衡训练组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 基于 D-WALL 系统的视觉反馈下平衡训练可显著改善 TKA 患者的平衡能力,并提升独立步行能力,从而降低跌倒风险。

关键词: 视觉反馈; 平衡训练; 全膝关节置换术; 平衡能力; 步行能力

中图分类号: R 493; R 687.4 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2023)01-074-05 DOI: 10.7619/jcmp.20222593

Effect of visual feedback balance training
on balance and walking ability of patients
after total knee arthroplastyWANG Jianjian¹, SANG Xuehan¹, MENG Zhaoxiang¹, CHEN Gang²,
ZHOU Hongyu¹, CHEN Bo¹, WANG Xin¹, JIN Xing¹(1. Department of Rehabilitation Medicine, 2. Department of Joint Surgery, Clinical Medicine College
of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225000)

Abstract: Objective To explore the effect of visual feedback balance training using a D-WALL system on balance of knee joint function and walking ability of patients with total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Sixty patients with TKA were recruited as study objects, and were randomly divided into visual feedback group, conventional balance training group and control group, with 20 patients in each group. The control group only received routine rehabilitation training, the visual feedback group received balance training under visual feedback on the basis of the control group, and the conventional balance training group received routine balance training on the basis of the control group. Before treatment and 6 weeks after treatment, balance ability of three groups was tested using the D-WALL system, and their walking ability was assessed using the Timed Up and Go Test (TUGT). **Results** There were no statistical differences among the three groups in the movement track area and area movement track perimeter when opening and closing eyes, and TUGT results before treatment ($P > 0.05$). After a six-week treatment, the movement track area and area movement track perimeter when opening and closing eyes were less than those before treatment, and the above indexes were lower

in the visual feedback group than in the conventional balance training group and the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The values of TUGT of control group, conventional balance training group and visual feedback group after 6 weeks of treatment were (14.1 ± 1.9) , (11.7 ± 2.5) , (9.6 ± 2.0) s, respectively, which were shorter than (17.2 ± 3.0) , (15.8 ± 3.6) , (16.9 ± 4.4) s before treatment, and the value of TUGT was lower in the visual feedback group than that in the conventional balance training group and the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** Visual feedback balance training based on the D-WALL system can significantly improve the balance ability of patients with TKA, increasingly promote independent walking ability, thereby reducing the risk of falls.

Key words: visual feedback; balance training; total knee arthroplasty; balance ability; walking ability

膝骨性关节炎(KOA)是一种慢性退行性关节病变,多发于中老年人,常导致神经肌肉疼痛和活动受限,严重影响患者的生活质量^[1]。《骨关节炎诊疗指南(2018年版)》^[2]提出结合KOA疾病发展特点实施阶梯化分级治疗策略,其中全膝关节置换术(TKA)是治疗终末期KOA有效且成熟的方法,有助于矫正关节畸形、减轻疼痛、恢复膝关节功能,目前已被广泛应用于临床^[3-4]。相关研究^[5]表明,TKA患者术后常残留不同程度的本体感觉和平衡功能的缺陷,可引起关节稳定性、姿势控制能力降低和步行能力下降,容易引发摔倒,严重影响TKA的手术疗效。因此,TKA术后开展本体感觉和平衡功能等训练尤其重要,但目前康复训练的侧重点为关节活动度和下肢力量训练等,对本体感觉和平衡训练的重视程度则相对不足,且往往忽略了视觉反馈在平衡维持中的作用^[6]。研究^[7]证明,视觉反馈可有效提高运动学习能力,促进本体感觉提升,有利于改善运动、学习和康复的效果。本研究探讨基于D-WALL系统的视觉反馈下平衡训练对TKA患者膝关节平

衡功能及步行能力的影响,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年12月—2022年6月在扬州大学临床医学院关节外科接受TKA治疗的60例患者作为研究对象,按照随机数字表法将其分为视觉反馈组、常规平衡训练组和对照组,每组20例。纳入标准:①首次行TKA治疗,且为单侧手术者;②认知理解能力和依从性好,可配合康复训练者。排除标准:①合并严重肝、肾、心、肺功能不全者;②体质量指数(BMI) $> 30 \text{ kg/m}^2$ 者;③双侧膝关节同期置换者;④有严重骨质疏松者;⑤合并严重类风湿性关节炎、强直性脊柱炎者;⑥无法执行或不能坚持本研究运动方案者;⑦合并其他可影响平衡功能的神经系统疾病者。本研究经扬州大学临床医学院伦理委员会审核批准(审批号2022ky054),且所有患者签署知情同意书。3组患者性别、年龄、病程、BMI等一般资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1。

表1 3组患者一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	n	性别/例		手术侧/例		年龄/岁	病程/月	BMI/(kg/m ²)
		男	女	左侧	右侧			
对照组	20	6	14	8	12	66.6 ± 5.2	17.2 ± 3.9	25.1 ± 1.6
常规平衡训练组	20	7	13	8	12	66.7 ± 6.5	16.6 ± 3.9	24.8 ± 2.6
视觉反馈组	20	8	12	7	13	67.5 ± 4.2	18.0 ± 6.5	25.8 ± 2.1

BMI: 体质量指数。

1.2 方法

对照组仅进行常规康复训练,包括术前健康宣教、术后康复训练、出院前康复计划等。(1)第一阶段(第1~7天):①踝泵运动,5 s/次,5~10次/组,4~5组/d;②关节活动度练习,使用关节持续被动运动(CPM)仪器,设置屈膝角度 <

90°, 20 min/次, 1次/d;伸膝练习,主动做伸直膝关节练习,5~10次/组,2~3组/d;③肌力练习,主要进行臀肌、股四头肌、腘绳肌等肌群的等长收缩练习,5~10次/组,2~3组/d;④呼吸功能练习,进行深呼吸、咳嗽、咳痰训练,配合上肢伸展扩胸运动,5~10次/组,2~3组/d;⑤

转移练习,利用助行器等适当工具在能够忍受的疼痛范围内负重进行转移训练,强调循序渐进原则,10 min/次,1次/d;⑥ 理疗,给予神经肌肉电刺激,将2组电极分别置于股内侧肌和股外侧肌,以促进股四头肌肌力恢复,20 min/次,1次/d;⑦ 疼痛和肿胀控制,训练后使用冰袋冷敷,25 min/次,1次/d。(2) 第二阶段(第2~6周,以第一阶段训练为基础,逐渐进行强化训练):① 关节活动度练习,推动髌骨,主动屈伸膝练习,之后逐渐过渡到功率自行车练习,5~10 min/d;② 肌力训练,对臀肌、股四头肌、腘绳肌等肌群进行等张收缩练习,之后逐渐过渡到相关肌群的抗阻肌力训练,采取闭链和开链相结合的方式,10~20次/组,2~3组/d;③ 站立训练,患者双下肢支撑保持身体稳定,开始训练时在患侧膝盖处给予一定支持,由睁眼过渡到闭眼,5~10 min/d;④ 单腿站立训练,患肢单腿站立保持稳定,先睁眼练习后再闭眼,10~20次/组,2~3组/d;⑤ 功能性活动,独立步行后进行不同平面步行、上下楼梯等练习,5~10 min/d。上述训练5次/周,连续训练6周。

常规平衡训练组在常规康复训练的基础上进行常规平衡训练。① 重心转移练习:待患者能独立站稳后,进行身体重心前、后、左、右转移练习,通过逐渐减少支撑面积增加训练难度;② 单腿站立平衡(SLS):患侧单腿站立,之后可将非支撑腿前后摆动以增加训练难度;③ 平衡垫训练:使用 Airex 平衡垫,开始先进行双腿直立位站立训练,然后逐渐过渡为双下肢屈曲站立训练,之后可背靠 Babath 球靠墙练习以增加难度,训练过程中注意保护,防止跌倒;④ 动态平衡板训练:使用 Joinfit 动态平衡垫,患者双足站立于平衡垫上,保持身体动态平衡,开始时可双手扶住支撑物加以辅助,逐渐过渡为无辅助独立练习。康复训练时间为30 min/次,1次/d,5次/周,连续训练6周。

视觉反馈组在常规康复训练的基础上使用 D-WALL 系统(型号 DWT-000)增加视觉反馈下平衡训练。① 身体重心静态描述训练:患者双足站立于测力平台上,目视前方显示屏,通过实时摄像,患者能够清楚地看到自己身体重心的位置变化及重心移动的轨迹,通过移动身体重心来控制屏幕上的光标靠近目标位置,10 min/次,1次/d;② 视觉动态平衡训练:患者双足站立于测力平台上,目视前方显示屏,此时屏幕会显示出人体三维动态图像,选择需要练习的虚拟场景,通

过调整自身重心位置,试图解决屏幕上所显示的任务(如篮子接鸡蛋、守门扑球、滑雪等),当患者调整身体重心位置时,屏幕上会实时动态显示重心投影的位置、移动速度或任务完成情况等,患者本人可以根据屏幕上显示的结果及动态成像进行自我观察和躯干与下肢重心调整,医护人员有时可给予一定的言语提示帮助患者完成任务,20 min/次,1次/d。康复训练时间为30 min/次,1次/d,5次/周,连续训练6周。

1.3 观察指标

1.3.1 “起立-行走”计时测验^[8](TUGT):准备一把有扶手且带靠背的椅子,于距离椅子前方3 m处进行标示,患者坐在椅子上,当听到口令后从椅子上站起向前走至3 m标示位置,再180°转身返回椅子处坐下,记录患者背部离开椅背到再次坐下靠在椅背所用的时间(s)以及测试过程中可能跌倒的危险性。每回测量3次,中间休息1 min,取其均值进行统计分析。记录的时间越长,代表平衡功能、步行能力越差,跌倒的可能性越大。

1.3.2 平衡能力测试:使用 D-WALL 三维系统评估患者静态平衡能力,开始测试时,要求患者双足站立于测力平台上,双手自然下垂于体侧,平视前方2 m处屏幕标记,分别测试睁眼和闭眼状态站立30 s患侧的压力中心(COP)摆动程度。COP 摇摆程度越小,表示平衡能力越好,姿势稳定性越强。观察指标有运动轨迹面积(mm²)、运动轨迹周长(mm)。运动轨迹面积代表重心移动所产生的轨迹围成面积的大小;运动轨迹周长代表重心移动所产生运动轨迹的总长度。两者的数值越小,表示稳定性、平衡功能越好,反之则越差。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。数据正态性检验采用 Shapiro-Wilk 检验,正态分布或近似正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析,组内比较采用配对样本 *t* 检验。计数资料采用例数描述,比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组患者睁眼、闭眼运动轨迹面积和运动轨迹周长比较

治疗前,3组患者睁眼、闭眼状态的运动轨迹面积、运动轨迹周长比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗6周后,3组患者睁眼、闭眼状

态的运动轨迹面积、运动轨迹周长均小于治疗前, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 治疗 6 周后, 视觉反馈组睁眼、闭眼状态的运动轨迹面积、运动轨迹

周长均分别小于对照组、常规平衡训练组, 且常规平衡训练组均小于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 3 组患者运动轨迹面积、运动轨迹周长比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	测试状态	运动轨迹面积/mm ²		运动轨迹周长/mm	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组 ($n = 20$)	睁眼	670.2 ± 168.7	408.7 ± 88.7*	732.4 ± 85.2	629.9 ± 86.3*
	闭眼	1 049.9 ± 144.6	803.4 ± 141.5*	953.3 ± 109.3	738.1 ± 86.3*
常规平衡训练组 ($n = 20$)	睁眼	674.3 ± 148.7	301.4 ± 109.0*#	719.2 ± 111.1	534.9 ± 158.4*#
	闭眼	1 038.7 ± 226.1	730.5 ± 185.8*#	937.2 ± 122.0	620.1 ± 155.8*#
视觉反馈组 ($n = 20$)	睁眼	651.7 ± 205.9	222.7 ± 61.8*#△	707.9 ± 73.5	408.9 ± 135.1*#△
	闭眼	1 138.5 ± 339.7	601.2 ± 178.8*#△	944.1 ± 130.5	448.8 ± 84.9*#△

与治疗前比较, * $P < 0.05$; 与对照组比较, # $P < 0.05$; 与常规平衡训练组比较, △ $P < 0.05$ 。

2.2 3 组患者 TUGT 结果比较

治疗前, 3 组患者 TUGT 结果比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗 6 周后, 3 组患者 TUGT 结果均短于治疗前, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 治疗 6 周后, 视觉反馈组 TUGT 结果分别短于对照组、常规平衡训练组, 且常规平衡训练组短于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 3 组患者 TUGT 结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	治疗前	治疗后
对照组	20	17.2 ± 3.0	14.1 ± 1.9*
常规平衡训练组	20	15.8 ± 3.6	11.7 ± 2.5*#
视觉反馈组	20	16.9 ± 4.4	9.6 ± 2.0*#△

TUGT: “起立-行走”计时测验。

与治疗前比较, * $P < 0.05$; 与对照组比较, # $P < 0.05$;

与常规平衡训练组比较, △ $P < 0.05$ 。

3 讨论

人体平衡功能是指人在不同的环境和情况下维持身体直立姿势的能力, 平衡的调节需要感觉信息的输入、中枢神经系统的整合和运动的控制共同协作完成。平衡功能失调易导致姿势控制能力及稳定性下降, 跌倒风险升高。TKA 将关节软骨、交叉韧带、半月板等富含本体感受器的组织切除, 可造成本体感觉不同程度减退或丧失^[9], 导致患者平衡能力、关节运动控制能力下降及步态异常等。TKA 患者平衡功能障碍可由多种因素引起, 例如下肢肌力减退、心理因素等, 尤其是感觉信息输入异常 (包括本体感觉、前庭觉及视觉系统等)。缺乏视觉刺激会导致大脑中枢平衡协调功能感知差, 故视觉信息输入也是平衡控制的重要调节因素^[10]。本研究结果显示, 治疗前与治疗后, 3 组患者闭眼状态下的运动轨迹面积、运动

轨迹周长均小于睁眼状态下, 说明睁眼时平衡能力较闭眼时好, 亦证实视觉系统在平衡功能维持中发挥重要作用, 与既往研究^[7, 11-12]结论类似。作为姿势控制的主要感觉输入渠道, 视觉能够快速有效地识别身体在空间中的位置变化, 评估并整合来自环境的各种信息, 从而自动调整姿势而维持平衡^[13]。

本研究结果显示, 治疗 6 周后, 视觉反馈组患者睁眼、闭眼状态下运动轨迹面积、运动轨迹周长均小于常规平衡训练组和对照组, 且常规平衡训练组均小于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。相关研究^[14]发现, 平衡训练及本体感觉训练对 TKA 患者术后平衡功能和步行能力等具有显著改善作用, 与本研究结果相符。但常规平衡训练着重于躯干稳定、重心转移训练及下肢控制等, 对视觉反馈的重视度不够, 而且往往重复某个固定动作, 缺乏趣味性, 不能客观评估每次训练的成果。D-WALL 系统是利用视觉反馈对人体平衡功能进行定量评估和训练的一套系统, 在“描述训练”“稳定极限”及任务游戏等平衡训练过程中, 患者本人借助“一个大的数字化镜子”可以“看到”这些结果, 从而实时获得自身运动方向及身体重心变化的视觉反馈, 激活大脑中枢感知和调控运动的感觉。这种“生物反馈”机制可以加强患者大脑中枢神经系统对肢体远端的控制, 形成一种正反馈机制, 引起相应肌肉的大脑控制区运动皮质增加^[15], 促进姿势和身体各部分信息的整合, 同时加入镜像视觉反馈还可补偿 TKA 患者术后本体感觉的缺失^[12], 最终实现平衡功能的全面提升。此外, 与传统的常规平衡训练比较, D-WALL 系统内置不同游戏任务及虚拟场景, 如篮子接鸡蛋、滑雪、守门扑球等, 具有一定趣味性, 能充分调动患者的主观积极性, 明显改善其平衡

能力。OH H T 等^[16] 在一项双盲随机对照试验中将 24 例 TKA 患者分为 2 组, 实验组进行视觉反馈下平衡训练, 对照组进行无视觉反馈下平衡训练, 干预 8 周后, 观察组患者的平衡功能显著优于对照组, 与本研究结论相似。

本研究还发现, 治疗 6 周后, 视觉反馈组的 TUGT 结果显著短于常规平衡训练组和对照组, 提示 TKA 术后进行视觉反馈下平衡训练能改善患者的步行能力。迪晓霞等^[17] 将 48 例脑卒中患者随机分为 2 组, 观察组采用 Pro-Kin 视觉反馈平衡训练仪训练联合常规训练, 对照组仅进行常规训练, 随访 6 周发现, 观察组患者的平衡功能、步行能力均显著优于对照组。平衡功能不仅影响人体姿势的稳定性, 而且是决定患者步行能力的重要因素之一^[18]。研究^[19] 证实, TKA 患者术后本体感受器及平衡功能受损, 这种缺陷可能造成关节运动能力下降、肌肉潜伏期延迟、肌肉活动幅度改变以及姿势稳定性下降等, 患者步行时易表现出步行速度降低、患侧支撑相缩短、站立不稳、步行缺乏变向能力、容易摔倒等现象。本研究中, 视觉反馈组训练时借助“一块大的数字化镜子”进行视觉反馈, 可增加本体感觉的输入, 改善前庭功能, 有效提高患者运动学习能力。本体感觉的增强能够提升膝关节周围相应组织器官对外周信息的感知程度, 有利于增强神经肌肉的控制能力, 激活膝周相关肌群, 改善患膝周围韧带及肌群的力量, 提高膝关节稳定性, 最终提升步行能力。

基于 D-WALL 系统的视觉反馈下平衡训练是一种安全、定量、任务导向性的平衡训练方法, 在训练过程中可实时提供视觉反馈, 自动识别错误动作并提示改进, 提高 TKA 患者的平衡能力及步行能力, 此外该方法简单易行, 内置游戏和任务训练, 趣味性高, 可充分调动患者训练的积极性。但本研究存在一定局限性: 首先, 样本量偏小, 可能导致结果偏倚; 其次, 随访时间仅 6 周, 未对患者进行长期随访, 很难确定这种效果能否长期保持; 最后, 影响平衡功能的因素包括生理、运动、认知和精神状态等, 但本研究未对这些因素进行综合分析, 有待今后进一步深入研究。

综上所述, 基于 D-WALL 系统的视觉反馈下平衡训练可有效提升 TKA 患者平衡功能, 改善其独立步行能力, 一定程度上降低跌倒风险, 其近期治疗效果优于常规平衡训练。

参考文献

[1] GRÄNICH P, STÖGGL T, FUCENTESE S F, *et al.* Pre-

operative exercise in patients undergoing total knee arthroplasty: a pilot randomized controlled trial [J]. *Arch Physiother*, 2020, 10: 13.

- [2] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南 (2018 年版) [J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(12): 705 - 715.
- [3] WANG D, WU T, LI Y, *et al.* A systematic review and meta-analysis of the effect of preoperative exercise intervention on rehabilitation after total knee arthroplasty [J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(10): 10986 - 10996.
- [4] WIRRIES N, EZECHIELI M, STIMPEL K, *et al.* Impact of continuous passive motion on rehabilitation following total knee arthroplasty [J]. *Physiother Res Int*, 2020, 25(4): e1869.
- [5] 李瑾, 宋佳凝, 李健, 等. 本体感觉训练联合肌内效贴对全膝关节置换术后患者膝关节功能与本体感觉的影响 [J]. *中国康复*, 2022, 37(3): 145 - 148.
- [6] 冯彦, 唐建华, 陈亚丽. 平衡训练对初次全膝关节置换术后患者平衡功能的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(11): 1060 - 1062.
- [7] 郑绍敏, 林坚, 黄墩兵, 等. 视觉反馈下本体感觉训练对早期全膝关节置换术后患者平衡功能的影响 [J]. *浙江医学*, 2021, 43(6): 630 - 634.
- [8] SANTOS P, MACHADO T, SANTOS L, *et al.* Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: a randomized clinical trial [J]. *NeuroRehabilitation*, 2019, 45(2): 255 - 263.
- [9] 祁文静, 杨延斌, 周谋望. 全膝关节置换术前康复的研究进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(8): 980 - 983.
- [10] 张敏, 张红霞, 李永平, 等. 视觉反馈平衡训练对脑白质病患者平衡功能及跌倒风险的影响 [J]. *中国医药导报*, 2021, 18(5): 65 - 68.
- [11] 韩婷婷, 尤红, 张敏, 等. 视觉反馈平衡训练对早期帕金森病患者平衡功能的影响研究 [J]. *中国康复*, 2016, 31(4): 258 - 260.
- [12] 张田, 邱冰, 刘洪举, 等. 视觉反馈训练对膝部骨折术后患者膝关节功能及平衡能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(9): 815 - 818.
- [13] 钟嘉敏, 黄兆欣, 李龙雪, 等. 视觉因素对青年平衡功能的影响 [J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(8): 1245 - 1249.
- [14] HSU W H, HSU W B, SHEN W J, *et al.* Circuit training enhances function in patients undergoing total knee arthroplasty: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12(1): 156.
- [15] LIEW S L, RANA M, CORNELSEN S, *et al.* Improving motor corticothalamic communication after stroke using real-time fMRI connectivity-based neurofeedback [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2016, 30(7): 671 - 675.
- [16] OH H T, HWANGBO G. The effects of proprioception exercise with and without visual feedback on the pain and balance in patients after total knee arthroplasty [J]. *J Phys Ther Sci*, 2018, 30(1): 124 - 126.
- [17] 迪晓霞, 李鑫铭, 翟月萍. 平衡仪训练对脑卒中患者平衡功能及跌倒风险的影响 [J]. *中国康复*, 2017, 32(3): 196 - 198.
- [18] 徐迪, 高明霞, 陈安亮, 等. 视觉反馈平衡训练对踝关节骨折术后患者平衡和步行功能的影响 [J]. *实用临床医药杂志*, 2014, 18(24): 59 - 60, 64.
- [19] 王巍, 刘艳成, 王连成, 等. 量化评估早期系统康复对全膝关节置换患者步态的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(9): 1180 - 1185.

(本文编辑: 陆文娟)