·临床研究·

踝关节本体感觉训练对丘脑梗死患者踝关节本体感觉、平衡功能及步态的影响

赵姣姣[1] 赵娅男[1] 周静[1] 刘承霞[1] 朱志中[2] 李惟华[2] 侯玮佳[2]
[1]天津市环湖医院神经康复科,天津 300350;[2]天津市环湖医院康复医学科,天津 300350
通信作者:赵姣姣,Email:13011307525@163.com

【摘要】 **目的** 观察踝关节本体感觉训练对丘脑梗死患者踝关节本体感觉、平衡功能及步态的影响。**方法** 选取 56 例丘脑梗死患者,按照随机数字表法将其分为对照组和治疗组,每组 28 例。2 组患者均给予常规下肢康复训练,治疗组在此基础上增加踝关节本体感觉训练。治疗前、治疗 4 周后(治疗后),采用 Tecnobody 本体感觉测试系统测定患者的平均轨迹错误率(ATE)并记录测试所用的时间,利用 Berg 平衡量表(BBS)和平衡测试仪评估患者的平衡功能,采用步态分析仪采集患者步行过程中的时空参数,包括步幅、步速、摆动相时间占比、足背屈角度及足跖屈角度。**结果** 治疗后,2 组患者的 ATE、踝关节本体感觉测试所用时间、BBS 评分、静态平衡能力测试评分、稳定极限、步幅、步速、摆动相时间占比、足背屈角度、足跖屈角度均较组内治疗前改善($P<0.05$)。与对照组比较,治疗组治疗后的 ATE[(56.38±11.88)%]较小、踝关节本体感觉测试所用时间[(31.10±6.01)s]较短、BBS 评分[(41.24±4.66)分]较高、静态平衡能力测试评分[(195.41±57.68)分]较低、稳定极限[(72.04±5.59)%]较高、步幅[(1.02±0.23)m]较大、步速[(1.20±0.27)m/s]较快、摆动相时间占比[(41.53±2.62)%]较大、足背屈角度[(16.87±3.25)°]较大、足跖屈角度[(32.81±3.75)°]较大($P<0.05$)。患者患侧下肢 ATE 差值和完成踝关节本体感觉测试的时间,均与静态平衡能力测试得分差值呈正相关,与 BBS 评分差值、稳定极限差值、步幅差值、步速差值、摆动相时间占比差值、足背屈角度差值、足跖屈角度差值呈负相关。**结论** 踝关节本体感觉训练能有效改善丘脑梗死患者的踝关节本体感觉、平衡功能及步态,值得临床应用、推广。

【关键词】 本体感觉; 踝关节; 丘脑梗死; 平衡功能; 步态
基金项目:天津市环湖医院护理科研基金项目(HL202405)
DOI:10.3760/cma.j.cn421666-20250326-00266

Ankle proprioception training can effectively improve the ankle proprioception, balance and gait of patients with thalamic infarction

Zhao Jiaojiao[1], *Zhao Yanan*[1], *Zhou Jing*[1], *Liu Chengxia*[1], *Zhu Zhizhong*[2], *Li Weihua*[2], *Hou Weijia*[2]
[1]*Department of Neurorehabilitation, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300350, China*; [2]*Department of Rehabilitation Medicine, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300350, China*
Corresponding author: Zhao Jiaojiao, Email: 13011307525@163.com

【**Abstract**】 **Objective** To observe the effect of ankle joint proprioception training on ankle joint proprioception, balance and gait in patients with thalamic infarction. **Methods** Fifty-six patients with thalamic infarction were divided into a control group and a treatment group, each of 28, using a random number table. Both groups were given conventional lower limb rehabilitation training, but the treatment group was additionally provided with ankle joint proprioception training. Before and after 4 weeks of the treatment, the Tecnobody proprioception testing system was used to determine the average trajectory error rate (ATE) and the time taken in the test. The Berg Balance Scale (BBS) and a balance tester were used to assess balance. A gait analyzer was used to collect spatial-temporal measures of the patients' walking, including the stride amplitude, stride rate, the proportion of the time spent in the swing phase, and foot dorsiflexion and plantarflexion angles. **Results** After the treatment, the time used, ATE, ankle proprioception, BBS scores, static balance test scores, stability limits, stride length, stride rate, swing phase time percentage, and foot dorsiflexion and plantarflexion angles had improved in both groups compared with before the treatment ($P\leqslant0.05$). Compared with the control group, the treatment group had a smaller average ATE, spent less time on the ankle proprioception test, had higher BBS scores, had lower scores on the static balance test, had larger limits of stability, took longer strides at a faster rate, and spent a greater percentage of time in the swing phase. That group also showed greater ankle dorsiflexion and plantarflexion on average ($P\leqslant$

0.05). ATE difference of the affected lower limb and the time to complete the ankle proprioception test were positively correlated with the gap in the static balance ability test, and negatively correlated with the gaps in the BBS score, the limits of stability, stride length, stride rate, and the time share of the swing phase, as well as the dorsiflexion and plantarflexion angles of the foot. **Conclusions** Ankle proprioception training, in addition to effectively improving ankle proprioception, can improve the balance and gait of persons with thalamic infarction. It is worthy of clinical application and promotion.

【**Key words**】 Proprioception; Ankle joint; Thalamic infarction; Balance; Gait

Funding: Tianjin Huanhu Hospital Nursing Research Fund Project (HL202405)

DOI: 10.3760/cma.j.cn421666-20250326-00266

丘脑梗死是一种典型的缺血性脑卒中，其病理机制主要与脑血管结构的异常改变有关，包括动脉管腔狭窄和血栓形成等[1]。流行病学调查显示，丘脑梗死的发生发展与代谢综合征（脂代谢异常、系统性高血压及糖耐量异常）存在显著相关性，同时也与凝血功能紊乱等血液病理状态密切关联，致残率和致死率均处于较高水平，患者常出现以下肢本体感觉障碍为代表的神经系统症状[2]。丘脑作为大脑的重要结构，除参与记忆、情感、睡眠周期、执行功能及维持皮质警觉外，还负责处理并传递感觉信息（如味觉、躯体感觉、视觉和听觉）至大脑皮质，在感觉运动控制中发挥重要作用[3]。

本体感觉是指关节和肌肉对自身位置、运动和力量的无意识感知，对于维持身体平衡和协调运动至关重要[4]。有研究报道，踝关节本体感觉训练可促进脑卒中恢复期患者大脑皮质功能的重组与代偿，增强神经肌肉的控制能力，从而有效改善姿势控制能力与平衡功能，降低跌倒风险[5-8]。目前，国内常用的踝关节本体感觉训练方法包括关节角度重置训练、上下台阶训练、闭眼单腿站立、快速“十”字跳、单足站立功能性动作、平衡板或平衡气垫床站立、等速训练等，这些方法均是通过使肢体关节得到不同程度的挤压，引起关节负重，进而刺激关节、肌肉、肌腱等处的本体感觉感受器以增加其本体感觉能力；国外则多采用神经肌肉电刺激、平衡训练、步态训练及本体神经肌肉促进技术等改善患者的下肢本体感觉，从而提高其平衡和步行能力[9-10]。然而，现有训练方法普遍存在训练过程枯燥、难以充分调动患者的主动参与意识、疗效不佳等问题。

基于上述研究背景，本研究探究一种个体化的联合康复训练模式，即在传统踝关节本体感觉训练的基础上增加视觉反馈系统引导下的踝关节本体感觉训练，以期能更加直观、有效地提高患者的治疗效果，为丘脑梗死患者的治疗方案提供参考。

对象与方法

一、研究对象

纳入标准：①符合丘脑梗死的诊断标准[11]，且均为首次、单侧发病；②神志清楚，病情稳定；③病程 6~10 d，年龄 30~65 岁；④经平衡测试及相关训练系统评估，存在踝关节本体感觉障碍；⑤下肢运动功能处于 Brunnstrom Ⅲ期或更高恢复阶段；⑥虽存在步态异常但具备基础移动能力，可独立完成 10 m 平地步行；⑦简易精神状态量表（mini-mental state examination，MMSE）评分≥24 分，能准确执行治疗指令；⑧签署治疗知情同意书。排除标准：①经 MRI 证实存在小脑结构性病变或既往有小脑损伤病史；②下肢骨骼关节系统存在器质性病变（退行性关节病、创伤后畸形或病理性挛缩），或合并代谢性骨病及周围神经系统损伤；③汉密尔顿抑郁量表（Hamilton depression scale，HAMD）评分≥17 分；④神经影像学证实双侧大脑半球或多脑区存在新发病灶；⑤主要脏器功能失代偿。

选取 2024 年 7 月至 2025 年 4 月由天津市环湖医院神经康复病区收治的 56 例丘脑梗死患者，按照随机数字表法将其分为对照组和治疗组，每组 28 例。2 组患者的性别、平均年龄、平均病程、偏瘫侧别、MMSE 评分、下肢 Brunnstrom 分期等一般资料比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性，详见表 1。本研究经天津市环湖医院临床试验伦理委员会审批（津环伦审第 2025-136 号）。

二、治疗方法

2 组患者均进行以本体神经肌肉促进技术和坐位主被动踏车训练为主的常规下肢康复训练。其中，本体神经肌肉促进技术包括关节运动功能训练、肌肉力量强化训练、核心稳定性训练、体位转换适应性训练、步态重塑训练，每日治疗 30 min，每周 5 d，连续 4 周；坐位主被动踏车训练，每日 15 min，每周 5 d，连续 4 周。

治疗组在常规下肢康复训练基础上增加踝关节本体感觉训练，包括踝关节空间感知训练、动态足部控制训练、足底感觉整合练习、视觉反馈系统引导下的踝关节本体感觉训练，每日 25~30 min，每日 1 次，每周5 d，连续 4 周。训练过程中，通过安装保护支架、全程陪护等方式进行跌倒风险规避。具体治疗内容如下。

表 1　2 组患者的一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄	平均病程	偏瘫侧别(例)		MMSE 评分	下肢 Brunnstrom 分期(例)		
		男	女	(岁,$\bar{x}\pm s$)	(d,$\bar{x}\pm s$)	左侧	右侧	(分,$\bar{x}\pm s$)	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
对照组	28	19	9	56.57±5.48	7.75±1.24	12	16	27.55±2.33	2	16	10
治疗组	28	17	11	55.25±4.89	8.25±1.51	15	13	26.78±2.51	3	14	11

1.踝关节空间感知训练:患者取仰卧位,闭眼,治疗师随机调整患者患侧踝关节位置后,嘱其静态维持 5 s,随后引导患者进行本体感觉驱动下的主动复现训练,并进行实时位置校正,每组 10 次,共 3 组。

2.动态足部控制训练:在距离垂直平面 3 m 的区域,指导患者用患足进行足球投射-接收训练,要求投射力度控制在足球与墙面发生弹性碰撞后、能准确回弹至初始投射区域,完整完成投射-接收循环计为1 次有效动作,每组完成 10 次有效动作,共 3 组。

3.足底感觉整合练习:患者取仰卧位,暴露患足,采用钝头木质探针(直径 5 mm)在足跟、外侧纵弓及前足支撑区域实施压力刺激,同步进行触觉符号识别训练,要求患者能够准确辨识图形。每个解剖学定位点完成 10 个触觉符号为 1 组,各区域交替进行,共 3 组。

4.视觉反馈系统引导下的踝关节本体感觉训练:采用意大利产 Pro-kin 252 型平衡测试与训练系统。训练内容包括:①轨迹训练——患者取站立位,将患足置于不稳定板上,通过踝关节对压力板施压,根据系统线条提示进行描迹,完成背屈-跖屈、内-外翻、外翻-跖屈、内翻-背屈等动作;②位置训练——通过背屈-跖屈、内-外翻、外翻-跖屈、内翻-背屈等动作,控制“十”字标识到达圆圈内;③要求患者在虚拟滑雪、飞行、射击、切水果等游戏中,动态调整踝部,以完成精准接触目标物及规避障碍物等游戏任务。

三、疗效评定方法

治疗前、治疗 4 周后(治疗后),对 2 组患者的踝关节本体感觉、平衡功能及步态进行评定。

1. 踝关节本体感觉:采用意大利产 Tecnobody 本体感觉测试系统进行踝关节本体感觉的定量评估,该测试系统具有良好的信度与效度。限定患者在120 s 内完成指定动作范式,记录平均轨迹错误率(average trace error,ATE)和测试所用的时间。ATE=[(实测轨迹长-理想轨迹长)/理想轨迹长]×100%。ATE 越小、测试所用时间越短,表示患者的本体感觉能力越好[12]。

2. 平衡功能:采用 Berg 平衡量表(Berg balance scale,BBS)和意大利产 Pro-kin 252 型平衡测试与训练系统评定患者的平衡功能。具体如下:①BBS 涵盖静态姿势维持(如闭目站立)、动态体位转换(如坐-站转移)等多个功能维度,每项任务计 0~4 分,0 分表示功能丧失,4 分表示可独立安全完成,总分 56 分,得分越高,表示平衡功能越好[13];②利用平衡测试仪对患者开展静态平衡能力测试,以评估静态平衡功能,得分越低,表示静态平衡功能越好[14];③利用平衡测试仪对患者开展稳定极限测试,以评估动态平衡功能,记录稳定极限,稳定极限可反映患者主动转移的能力,由 8 个方向上的稳定极限范围组成,稳定极限=(实际偏移幅度/理想偏移幅度)×100%,该值越大,表示动态平衡功能越好[15]。

3.步态:采用美国产 Mobility Lab 可穿戴式步态分析仪采集患者步行过程中的时空参数,包括步态空间参数(步幅、步速)、步态时间参数(摆动相时间占比)、步行过程中的足背屈角度及足跖屈角度。

四、统计学方法

采用 SPSS 26.0 版统计学软件进行数据分析,符合正态分布且满足方差齐性的计量资料用数据±标准差($\bar{x}\pm s$)形式表示,组间比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用配对样本 t 检验,计数资料采用 χ^2 检验。采用 Pearson 相关分析,$0.3\leqslant|r|<0.5$ 为低度相关,$0.5\leqslant|r|<0.8$ 为显著相关,$0.8\leqslant|r|<1$ 为高度相关。$P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

结　果

一、2 组患者治疗前、后的踝关节本体感觉比较

治疗前,2 组患者的 ATE、测试所用时间比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,2 组患者的 ATE 均减小、测试所用时间均缩短($P<0.05$),且治疗组治疗后的 ATE、测试所用时间较对照组改善优异($P<0.05$)。详见表 2。

表 2　2 组患者治疗前、后的踝关节本体感觉比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	ATE(%)	测试所用时间(s)
对照组			
治疗前	28	67.07±13.17	36.48±6.13
治疗后	28	59.86±12.68[a]	32.76±5.97[a]
治疗组			
治疗前	28	66.69±12.10	36.41±5.94
治疗后	28	56.38±11.88[ab]	31.10±6.01[ab]

注:与组内治疗前比较,[a]$P<0.05$;与对照组治疗后同指标比较,[b]$P<0.05$

二、2 组患者治疗前、后的平衡功能比较

治疗前,2 组患者的 BBS 评分、静态平衡能力测试

评分、稳定极限比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。治疗后，2 组患者的 BBS 评分均提高、静态平衡能力测试评分均降低、稳定极限均增加（$P<0.05$），且治疗组治疗后的 BBS 评分、静态平衡能力测试评分、稳定极限较对照组改善优异（$P<0.05$）。详见表 3。

表 3　2 组患者治疗前、后的平衡功能比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	BBS 评分（分）	静态平衡能力测试评分（分）	稳定极限（%）
对照组				
治疗前	28	33.21±5.76	227.00±64.65	64.53±7.07
治疗后	28	38.45±5.50[a]	205.41±62.71[a]	68.44±6.53[a]
治疗组				
治疗前	28	33.62±5.29	225.45±61.12	64.49±6.48
治疗后	28	41.24±4.66[ab]	195.41±57.68[ab]	72.04±5.59[ab]

注：与组内治疗前比较，[a]$P<0.05$；与对照组治疗后同指标比较，[b]$P<0.05$

三、2 组患者治疗前、后的步态参数比较

治疗前，2 组患者的步幅、步速、摆动相时间占比、足背屈角度、足跖屈角度比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。治疗后，2 组患者的步幅、步速、摆动相时间占比、足背屈角度、足跖屈角度均增加（$P<0.05$），且治疗组治疗后的步幅、步速、摆动相时间占比、足背屈角度、足跖屈角度较对照组改善优异（$P<0.05$）。详见表 4。

四、踝关节本体感觉功能与平衡功能、步态参数间的相关性分析

患者患侧下肢 ATE 差值，与静态平衡能力测试得分差值（$r=0.530$，$P=0.006$）呈显著正相关，与 BBS 评分差值（$r=-0.593$，$P<0.001$）和稳定极限差值（$r=-0.523$，$P=0.004$）均呈负相关，与步幅差值（$r=-0.403$，$P=0.006$）、步速差值（$r=-0.471$，$P<0.001$）、摆动相时间占比差值（$r=-0.368$，$P=0.002$）、足背屈角度差值（$r=-0.470$，$P=0.002$）、足跖屈角度差值（$r=-0.327$，$P=0.002$）呈低度负相关。

患者患侧下肢完成踝关节本体感觉测试的时间，与静态平衡能力测试得分差值（$r=0.466$，$P<0.001$）呈正相关，与 BBS 评分差值（$r=-0.594$，$P<0.001$）和稳定极限差值（$r=-0.616$，$P=0.007$）均呈显著负相关，与步幅差值（$r=-0.481$，$P<0.001$）、步速差值（$r=-0.384$，$P<0.001$）、摆动相时间占比差值（$r=-0.430$，$P<0.001$）、足背屈角度差值（$r=-0.429$，$P=0.004$）、足跖屈角度差值（$r=-0.349$，$P<0.001$）呈低度负相关。

讨　论

踝关节感觉传入通路的信息传递，与中枢神经系统和周围神经末梢的丘脑、皮质等区域密切相关，当发生双侧丘脑梗死时，丘脑皮质上行激活系统的联络功能被中断，导致踝关节的感觉信号无法正常上传至中枢神经系统，进而引发包括浅感觉与深感觉在内的多种感觉障碍，其中以本体感觉障碍尤为显著，该障碍可进一步造成下肢步行功能障碍，阻碍步态恢复，增加跌倒发生风险[1-2]。本研究在常规康复训练的基础上增加了踝关节本体感觉训练，结果显示，2 组患者治疗后的踝关节本体感觉、平衡功能及步态参数均较组内治疗前改善，且以治疗组的改善效果为佳，表明本研究所采用的踝关节本体感觉训练方案能有效促进丘脑梗死患者的下肢功能恢复。

丘脑梗死患者因本体感觉障碍，会出现运动控制能力的下降和运动定位的准确性降低，步行时多表现为不对称性迈步，具体特征包括负重时间较健侧短、患腿负重时髋屈曲、膝关节过伸和踝关节跖屈等[16]。有研究报道，人体的平衡功能依赖于感觉输入、中枢整合和运动控制等环节的协调运作[17]。开展本体感觉训练，能够有效激活关节囊和肌腱等处的机械感受器，提升中枢系统对空间位置、运动方向及速度等关键信息的处理精度，进而增强平衡控制能力[18]。本研究在踝关节本体感觉训练方案中，增加了视觉反馈系统引导，取得了较好的治疗效果，分析认为机制可能是：①Pro-kin 虚拟现实技术训练是以 Tecnobody 平衡测试与训练系统为平台，其能通过整合视觉与本体感觉输入，增强视觉与运动脑区之间的连接，建立病变对侧肢体运动的视觉反馈机制，从而促进受损脑区的神经重塑，并提高皮质兴奋性，有效改善步态和平衡功能，增强肌肉激活水平[19]；②该训练还可通过视觉反馈减少大脑半球间激活的不对称性，同时刺激同侧与对侧运动皮质，

表 4　2 组患者治疗前、后的步态参数比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	步幅（m）	步速（m/s）	摆动相时间占比（%）	足背屈角度（°）	足跖屈角度（°）
对照组						
治疗前	28	0.89±0.19	1.04±0.21	37.55±2.33	14.01±2.98	28.28±3.55
治疗后	28	0.97±0.19[a]	1.13±0.21[a]	38.50±2.30[a]	14.60±3.02[a]	28.74±3.84[a]
治疗组						
治疗前	28	0.88±0.15	1.05±0.27	37.51±2.13	13.56±2.69	28.25±3.51
治疗后	28	1.02±0.23[ab]	1.20±0.27[ab]	41.53±2.62[ab]	16.87±3.25[ab]	32.81±3.75[ab]

注：与组内治疗前比较，[a]$P<0.05$；与对照组治疗后同指标比较，[b]$P<0.05$

广泛激活镜像神经元系统,诱导患侧运动神经通路代偿,推动脑功能重组,进而促进运动功能恢复[20]。与患足空间感知训练、动态足部控制训练及足底感觉整合练习等常规康复干预联合应用时,能够更全面地促进踝关节本体感觉的恢复,在确保安全的同时达到高效、准确的训练效果。

有研究报道,ATE 和踝关节本体感觉测试时间两项指标,在评估踝关节本体感觉中的信度和效度较好,且较传统测试方法更精准、更客观[21]。在平衡功能方面,目前临床上主要通过视觉观察法、结构化量表评估及智能化平衡仪测试进行相关评定,其中,视觉观察法虽操作简便,但存在主观性强、量化维度单一的局限性,仅适用于初步筛查[22];而平衡测试仪则整合了压力传感器、惯性测量单元及机器学习算法,能够通过分析重心偏移轨迹、稳定极限阈值等,实现多模态数据融合评估,其灵敏度较传统方法明显提升[18]。此外,本研究还利用步态分析系统,对患者的步态参数进行了客观、准确的分析,从不同层面对患者的下肢功能进行了综合性的全面评估。本研究也存在一些不足之处,如因受研究时间限制及人员短缺问题导致样本量少,研究中心单一,且未观察长期疗效,后续将针对上述问题进一步招募病例,完善研究计划,延长实验时间,开展多中心研究,并跟踪随访患者平衡功能及步态的长期变化。

综上所述,踝关节本体感觉训练能有效改善丘脑梗死患者的踝关节本体感觉、平衡功能及步态,值得临床应用、推广。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

参　考　文　献

[1] 《中国卒中中心报告 2020》编写组.《中国卒中中心报告 2020》概要[J].中国脑血管病杂志,2021,18(11):737-743.DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2021.11.001.

[2] 何建明,王恰如,胡任芬.丘脑卒中 97 例临床分析[J].中国厂矿学,2002,15(5):377. DOI:10.3969/j.issn.1674-8182.2002.05.019.

[3] 张欣玉,毛森林,张本平,等.丘脑梗死的特点及对认知功能的影响[J].中华老年心脑血管病杂志,2019,21(9):1006-1008.DOI:10.3969/j.issn.1009-0126.2019.09.029.

[4] 何泽佳,恽晓萍,宋桂芸,等.脑卒中患者踝关节本体感觉的差异性研究[J].中华物理医学与康复杂志,2023,45(7):604-608.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.07.005.

[5] 周煜达,俞红,舒馨馨,等.神经肌肉电刺激联合同步姿势控制训练治疗功能性踝关节不稳的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(9):827-830.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.09.015.

[6] 张鑫,刘波,刘辉,等.本体感觉训练配合关节粘连传统松解术在踝关节康复治疗中的应用[J].中华物理医学与康复杂志,2018,40(12):942-944.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.12.017.

[7] 焦爱菊,赵玮婧,文淑梅,等.Pro-kin 视觉反馈平衡训练对脑卒中患者平衡与步态的影响[J].中国康复,2022,37(10):579-583.DOI:10.3870/zgkf.2022.10.001.

[8] 鲁君兰,范帅,蔡斌.星形偏移平衡测试在慢性踝关节不稳患者中的研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(3):280-284.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.023.

[9] Nguyen PT,Chou LW,Hsieh YL.Proprioceptive neuromuscular facilitation based physical therapy on the improvement of balanceand gait in patients with chronic stroke:a systematic review andmeta analysis[J].Life(Basel),2022,12(6):882.DOI:10.3390/life12060882.

[10] Madhuranga PV, Mathangasmghe Y, Anthony DJ. Improving balance with wobble board exercises in stroke patients: single blind, randomized clinical trial[J].Top Stroke Rehabil,2019,26(8):595-601.DOI:10.1080/10749357.2019.1645439.

[11] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J].中华神经科杂志,2018,51(9):666-682.DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2018.09.004.

[12] 胡建平,伊文超,李瑞炎,等.本体感觉定量评定的可靠性初探[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(1):34-37.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.01.010.

[13] 赵春艳,周嫣,赵慧华,等.静态平衡仪与 Berg 平衡量表对老年住院患者跌倒风险预测价值差异的研究[J].中华现代护理杂志,2017,23(29):3717-3721.DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2017.29.007.

[14] 王成龙,聂明剑,肖辰辉,等.静态平衡能力对不同任务介入下老年人步行双任务成本的影响[J].协和医学杂志,2025,16(3):598-605.DOI:10.12290/xhyxzz.2025-0170.

[15] 罗卫,钟陶,黄志锐,等.慢性非特异性腰痛患者的静态平衡和稳定极限[J].中国组织工程研究,2023,27(27):4362-4366.

[16] 张群,王春方,孙长城,等.分带行走训练改善脑卒中患者步态对称性的研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2023,45(8):748-751. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.016.

[17] 马联杰,顾旭东,傅建明,等.卒中患者平衡功能精准评估的研究进展[J].中华全科医师杂志,2023,22(3):330-335.DOI:10.3760/cma.j.cn114798-20220819-00862.

[18] 赵海洋,韩军涛,刘佳琦,等.本体感觉训练结合核心稳定性训练对下肢大面积烧伤后患者平衡和运动功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2025,47(5):425-429. DOI:10.3760/cma.j.cn421666-20230505-00364.

[19] 王梦婷,殷稚飞,张瑞媞,等.虚拟现实技术在脑卒中后平衡功能康复中的作用机制和应用进展[J].中华物理医学与康复杂志,2024,46(12):1127-1130. DOI:10.3760/cma.j.cn421666-20200622-00794.

[20] Zhang JJ,Fong KN,Welage N,et al.The activation of the mirror neuron system during action observation and action execution with mirror visual feedback in stroke:a systematic review[J].Neural Plast,2018,2018:2321045. DOI:10.1155/2018/2321045.

[21] 冯亮,张雅飞,霍洪峰.足踝复合体本体感觉的测量与评价[J].中国组织工程研究,2024,28(20):3259-3264.DOI:10.12307/2024.356.

[22] 李宇恒,王清华.脑卒中患者平衡功能评定的研究进展[J].齐齐哈尔医学院学报,2023,44(19):1858-1863.DOI:10.3969/j.issn.1002-1256.2023.19.013.

(修回日期:2025-05-21)
(本文编辑:凌　琛)